

19



OFICINA ESPAÑOLA DE  
PATENTES Y MARCAS

ESPAÑA



11 Número de publicación: **2 763 450**

51 Int. Cl.:

**B60W 40/112** (2012.01)

**B60W 50/00** (2006.01)

12

TRADUCCIÓN DE PATENTE EUROPEA

T3

96 Fecha de presentación y número de la solicitud europea: **20.03.2015** E 15160066 (5)

97 Fecha y número de publicación de la concesión europea: **02.10.2019** EP 2942254

54 Título: **Dispositivo de estimación del ángulo de balanceo de un vehículo**

30 Prioridad:

**27.03.2014 JP 2014067148**

45 Fecha de publicación y mención en BOPI de la traducción de la patente:

**28.05.2020**

73 Titular/es:

**HONDA MOTOR CO., LTD. (100.0%)  
1-1, Minami-Aoyama 2-chome, Minato-ku  
Tokyo, 107-8556, JP**

72 Inventor/es:

**OKOSHI, SATORU;  
TAKENAKA, TORU y  
SHIROKURA, SHINYA**

74 Agente/Representante:

**VALLEJO LÓPEZ, Juan Pedro**

ES 2 763 450 T3

Aviso: En el plazo de nueve meses a contar desde la fecha de publicación en el Boletín Europeo de Patentes, de la mención de concesión de la patente europea, cualquier persona podrá oponerse ante la Oficina Europea de Patentes a la patente concedida. La oposición deberá formularse por escrito y estar motivada; sólo se considerará como formulada una vez que se haya realizado el pago de la tasa de oposición (art. 99.1 del Convenio sobre Concesión de Patentes Europeas).

**DESCRIPCIÓN**

Dispositivo de estimación del ángulo de balanceo de un vehículo

5 **Campo técnico**

La presente invención se refiere a un dispositivo para estimar el ángulo de balanceo de la carrocería de un vehículo tal como una motocicleta.

10 **Antecedentes de la invención**

Hay muchos casos en los que el ángulo de balanceo (ángulo de inclinación en la dirección de balanceo) de la carrocería de un vehículo, como una motocicleta, debe estimarse sucesivamente en tiempo real. Por ejemplo, hay un caso en el que se requieren valores estimados del ángulo de balanceo de la carrocería de un vehículo para el control de tracción de una rueda motriz de una motocicleta.

Además, el documento de patente 1 propone una técnica para estimar el ángulo de balanceo ("ángulo de inclinación transversal" en la descripción del documento de patente 1) de la carrocería de un vehículo para controlar el intervalo de iluminación de un faro de una motocicleta, por ejemplo.

En esta técnica, se calcula un valor estimado del ángulo de balanceo: corrigiendo un valor de detección de la velocidad de balanceo mediante el uso de una cantidad de corrección, que se calcula para que se aproxime a un valor del ángulo de balanceo en un estado en el que un momento en la dirección de balanceo debido a la fuerza centrífuga y un momento en la dirección de balanceo debido a la gravedad obtenida de los valores de detección de la velocidad de guiñada y de la velocidad del vehículo están equilibrados; e integrando el valor corregido.

**Descripción de la técnica anterior**

**Documento de patente**

30 [Documento de patente 1] Publicación de solicitud de patente japonesa N.º 2010-149681

**Sumario de la invención**

35 **Problema a resolver por la invención**

En la técnica propuesta en el documento de patente 1, un valor estimado del ángulo de balanceo se calcula estableciendo, como un valor objetivo de convergencia, un valor del ángulo de balanceo en un estado en el que un momento en la dirección de balanceo debido a la fuerza centrífuga y un momento en la dirección de balanceo debido a la gravedad están equilibrados.

Por lo tanto, existe el problema de que el error en el valor estimado del ángulo de balanceo tiende a aumentar durante la conducción de slalom o en el período de tránsito de un movimiento de giro, cuando el ángulo de balanceo de la carrocería del vehículo no se mantiene constante o sustancialmente constante.

Otro documento de la técnica anterior, WO 2007/107 935, divulga un aparato para determinar el ángulo de balanceo de una motocicleta como al tomar una curva o torcer en una carretera. El aparato incluye un primer sensor giroscópico, que proporciona una señal de velocidad de balanceo, un segundo sensor giroscópico que proporciona una señal de velocidad de guiñada, y un sensor de velocidad. El aparato está configurado para integrar la señal de velocidad de balanceo para obtener un primer valor del ángulo de balanceo intermedio y para determinar un segundo valor del ángulo de balanceo intermedio a partir de la velocidad de guiñada y de la velocidad del vehículo. El aparato combina los dos valores intermedios del ángulo de balanceo en un valor de salida para el ángulo de balanceo que puede ser usado por un servo para ajustar la orientación del faro de modo que el patrón del haz permanezca nivelado con el horizonte cuando la motocicleta se inclina al tomar una curva.

La presente invención se ha realizado en vista de lo anterior, y tiene como objetivo proporcionar un dispositivo que pueda estimar de manera estable y precisa el ángulo de balanceo de la carrocería de un vehículo durante diversos estados de movimiento de la carrocería del vehículo.

60 **Medios para resolver el problema**

Para lograr el objetivo anterior, un dispositivo de estimación del ángulo de balanceo de un vehículo de la presente invención es un dispositivo para estimar sucesivamente un ángulo de balanceo de la carrocería de un vehículo caracterizado por incluir:

65 medios de detección de la aceleración y de la velocidad angular que incluyen un sensor de aceleración y un

5 sensor de velocidad angular montados en la carrocería del vehículo, y donde un eje que se extiende en la dirección delantera-trasera de la carrocería del vehículo, un eje que se extiende en la dirección de la anchura del vehículo de la carrocería del vehículo, y un eje que se extiende en la dirección hacia arriba-hacia abajo de la carrocería del vehículo se definen respectivamente como un eje x, un eje y y un eje z de un sistema de coordenadas local fijado a la carrocería del vehículo, configurados para ser capaces de detectar la aceleración del eje x que es la aceleración en la dirección del eje x, la aceleración del eje y que es la aceleración en la dirección del eje y, la velocidad angular del eje x que es la velocidad angular alrededor del eje x y la velocidad angular del eje z que es la velocidad angular alrededor del eje z;

10 medios de detección de la velocidad del vehículo configurados para detectar la velocidad de la carrocería del vehículo en la dirección de desplazamiento;

medios de estimación del ángulo de cabeceo configurados para estimar sucesivamente un ángulo de cabeceo de la carrocería del vehículo, y para calcular un valor estimado del ángulo de cabeceo actual mediante el uso de un valor de detección de la velocidad en la dirección de desplazamiento detectado por los medios de detección de la velocidad del vehículo, un valor de detección de la aceleración del eje x detectado por los medios de detección de la aceleración y de la velocidad angular, y un valor estimado anterior del ángulo de cabeceo;

15 medios de estimación de la velocidad del ángulo de balanceo configurados para estimar sucesivamente la velocidad del ángulo de balanceo de la carrocería del vehículo y para calcular un valor estimado de la velocidad del ángulo de balanceo actual mediante el uso de valores de detección de la velocidad angular del eje x y de la velocidad angular del eje z detectados por los medios de detección de la aceleración y de la velocidad angular, un valor estimado anterior del ángulo de balanceo y un valor estimado anterior del ángulo de cabeceo estimado por los medios de estimación del ángulo de cabeceo;

20 medios de cálculo del valor de corrección configurados para calcular sucesivamente un valor de corrección para estimar el ángulo de balanceo de la carrocería del vehículo, y para calcular el valor de corrección mediante el uso de un valor de detección de la velocidad en la dirección de desplazamiento detectado por los medios de detección de la velocidad del vehículo, de los valores de detección de la velocidad angular del eje x y de la aceleración del eje y detectados por los medios de detección de la aceleración y de la velocidad angular, de un valor estimado anterior del ángulo de balanceo y de un valor estimado anterior del ángulo de cabeceo estimado por los medios de estimación del ángulo de cabeceo; y

25 medios de cálculo del valor estimado del ángulo de balanceo configurados para calcular un valor estimado del ángulo de balanceo actual de la carrocería del vehículo integrando un valor obtenido al corregir un valor estimado de la velocidad del ángulo de balanceo estimado por los medios de estimación de la velocidad del ángulo de balanceo mediante el uso de un valor calculado del valor de corrección calculado por los medios de cálculo del valor de corrección, o corrigiendo un valor obtenido integrando un valor estimado de la velocidad del ángulo de balanceo estimado por los medios de estimación de la velocidad del ángulo de balanceo mediante el uso de un valor calculado del valor de corrección calculado por los medios de cálculo del valor de corrección (primera invención).

35 Téngase en cuenta que en la presente invención, "valor estimado anterior" se refiere a un valor estimado obtenido en el período de procesamiento aritmético anterior, entre los períodos de procesamiento aritmético para estimar el ángulo de balanceo de la carrocería del vehículo.

40 De acuerdo con la primera invención, en el procesamiento de los medios de estimación del ángulo de cabeceo, se calcula un valor estimado del ángulo de cabeceo mediante el uso de un valor de detección de la velocidad de la carrocería del vehículo en la dirección de desplazamiento, de un valor de detección de la aceleración del eje x y de un valor estimado anterior del ángulo de cabeceo. Por lo tanto, un valor estimado del ángulo de cabeceo puede calcularse con precisión durante diversos estados de movimiento de la carrocería del vehículo, sin requerir una operación de integración.

50 Entonces, en el procesamiento de los medios de estimación de la velocidad del ángulo de balanceo, además de la velocidad angular del eje x, se usan un valor estimado anterior del ángulo de balanceo, un valor estimado anterior del ángulo de cabeceo y un valor de detección de la velocidad angular del eje z. Por lo tanto, un valor estimado de la velocidad del ángulo de balanceo puede calcularse con precisión independientemente de si la carrocería del vehículo está inclinada o no en la dirección de cabeceo.

55 Además, en el procesamiento de los medios de cálculo del valor de corrección, se usan un valor de detección de la velocidad de la carrocería del vehículo en la dirección de desplazamiento, los valores de detección de la velocidad angular del eje z y de la aceleración del eje y, un valor estimado anterior del ángulo de balanceo, y un valor estimado anterior del ángulo de cabeceo. Por lo tanto, incluso si el error puede acumularse en el valor obtenido al integrar un valor estimado de la velocidad del ángulo de balanceo, se puede calcular un valor de corrección que pueda reducir apropiadamente el error durante diversos estados de movimiento de la carrocería del vehículo.

60 Asimismo, en el procesamiento de los medios de cálculo del valor estimado del ángulo de balanceo, se calcula un valor estimado del ángulo de balanceo integrando un valor obtenido al corregir un valor estimado de la velocidad del ángulo de balanceo mediante el uso de un valor calculado del valor de corrección, o corrigiendo un valor obtenido al integrar un valor estimado de la velocidad del ángulo de balanceo mediante el uso de un valor calculado del valor de corrección.

Por lo tanto, de acuerdo con la presente invención, el ángulo de balanceo de la carrocería del vehículo puede estimarse de manera estable y precisa durante diversos estados de movimiento de la carrocería del vehículo.

5 En la primera invención, es preferible que los medios de cálculo del valor de corrección se configuren para calcular un valor estimado de la aceleración del eje y mediante el uso de un valor de detección de la velocidad en la dirección de desplazamiento detectado por los medios de detección de la velocidad del vehículo, de un valor de detección de la velocidad angular del eje z detectado por los medios de detección de la aceleración y de la velocidad angular, de un valor estimado anterior del ángulo de balanceo y de un valor estimado anterior del ángulo de cabeceo estimado por los medios de estimación del ángulo de cabeceo, y para calcular posteriormente el valor de corrección de acuerdo con una desviación entre un valor de detección de la aceleración del eje y detectado por los medios de detección de la aceleración y de la velocidad angular y el valor estimado de la aceleración del eje y, de tal manera que la desviación se acerque a cero mediante una ley de control de retroalimentación (segunda invención).

15 Aquí, dado que un valor estimado de la aceleración del eje y se ve afectado por un error en un valor estimado del ángulo de balanceo, una desviación entre un valor de detección de la aceleración del eje y detectado por los medios de detección de la aceleración y de la velocidad angular y su valor estimado corresponde al error en el valor estimado del ángulo de balanceo.

20 En consecuencia, al calcular el valor de corrección de acuerdo con la desviación de tal manera que la desviación se acerque a cero mediante una ley de control de retroalimentación, es posible calcular un valor de corrección apropiado que pueda acercarse a cero un error en un valor estimado del ángulo de balanceo durante diversos estados de movimiento de la carrocería del vehículo. Por lo tanto, se puede mejorar la estabilidad en la precisión de un valor estimado del ángulo de balanceo.

25 En cualquiera de las invenciones primera y segunda, es preferible que los medios de estimación del componente de error de la aceleración del eje x configurados para estimar un componente de error de la aceleración del eje x, que es un componente de error de estado estacionario incluido en un valor de detección de la aceleración del eje x detectado por los medios de detección de la aceleración y de la velocidad angular, se proporcionen adicionalmente, y que los medios de estimación del ángulo de cabeceo se configuren para incluir, como parte del procesamiento realizado para calcular un valor estimado del ángulo de cabeceo, el procesamiento para eliminar un valor estimado del componente de error de la aceleración del eje x estimado por los medios de estimación del componente de error de la aceleración del eje x a partir de un valor de detección de la aceleración del eje x detectado por los medios de detección de la aceleración y de la velocidad angular.

30 Y en este caso, es preferible que los medios de estimación del componente de error de la aceleración del eje x incluyan medios de cálculo del valor del índice de error para calcular un valor del índice de error, que varía de acuerdo con el componente de error de la aceleración del eje x en el momento de un movimiento de giro de la carrocería del vehículo, mediante el uso de un valor estimado anterior de la velocidad del ángulo de balanceo estimado por los medios de estimación de la velocidad del ángulo de balanceo, de un valor estimado anterior del ángulo de cabeceo estimado por los medios de estimación del ángulo de cabeceo, de un valor estimado anterior del ángulo de balanceo calculado por los medios de cálculo del valor estimado del ángulo de balanceo, de los valores de detección de la aceleración del eje y y de la velocidad angular del eje z detectados por los medios de detección de la aceleración y de la velocidad angular, y de un valor de detección de la velocidad en la dirección de desplazamiento detectado por los medios de detección de la velocidad del vehículo, y configurarse para determinar un valor estimado del componente de error de la aceleración del eje x de tal manera que el valor del índice de error calculado por los medios de cálculo del valor del índice de error se acerque a cero, durante un período de tiempo predeterminado inmediatamente después del inicio de un movimiento de giro de la carrocería del vehículo (tercera invención).

35 Específicamente, de acuerdo con los experimentos y estudios llevados a cabo por los inventores de la presente solicitud, el valor del índice de error, que es un valor de índice que probablemente se verá afectado por el componente de error de la aceleración del eje x en el momento de un movimiento de giro de la carrocería del vehículo puede calcularse mediante el uso de un valor estimado anterior de la velocidad del ángulo de balanceo, de un valor estimado anterior del ángulo de cabeceo, de un valor estimado anterior del ángulo de balanceo, de los valores de detección de la aceleración del eje y y de la velocidad angular del eje z y de un valor de detección de la velocidad en la dirección de desplazamiento detectado por los medios de detección de la velocidad del vehículo.

40 Entonces, un valor estimado del componente de error de la aceleración del eje x puede obtenerse de manera apropiada determinando el valor estimado del componente de error de la aceleración del eje x de tal manera que el valor del índice de error calculado por los medios de cálculo del valor del índice de error se acerque a cero, durante un período de tiempo predeterminado inmediatamente después del inicio de un movimiento de giro de la carrocería del vehículo.

45 Por lo tanto, en el procesamiento de los medios de estimación del ángulo de cabeceo, un valor estimado del componente de error de la aceleración del eje x puede eliminarse apropiadamente de un valor de detección de la

aceleración del eje x, de modo que el componente de error de la aceleración del eje x no afecte a un valor estimado del ángulo de cabeceo. Como resultado, la precisión en la estimación del ángulo de cabeceo puede mejorarse aún más.

5 En la tercera invención, es preferible que la estimación del componente de error de la aceleración del eje x se configure para calcular, como un valor estimado del componente de error de la aceleración del eje x, un valor obtenido integrando el valor del índice de error durante un período de tiempo predeterminado inmediatamente después del inicio de un movimiento de giro de la carrocería del vehículo (cuarta invención).

10 De acuerdo con la cuarta invención, la determinación de un valor estimado del componente de error de la aceleración del eje x de tal manera que acerque a cero el valor del índice de error se puede lograr de manera apropiada, integrando el valor del índice de error durante el período de tiempo predeterminado inmediatamente después del inicio de un movimiento de giro de la carrocería del vehículo.

15 En las invenciones tercera y cuarta, más específicamente, es preferible que los medios de cálculo del valor del índice de error incluyan primeros medios de filtrado para extraer un componente variable de desviación, que es un componente que varía de acuerdo con un movimiento de giro de la carrocería del vehículo, a partir de una desviación entre la tasa de variación temporal de la aceleración del eje y calculada a partir de un valor estimado anterior de la velocidad del ángulo de balanceo estimado por los medios de estimación de la velocidad del ángulo de balanceo, de un valor estimado anterior del ángulo de cabeceo estimado por los medios de estimación del ángulo de cabeceo y de un valor estimado anterior del ángulo de balanceo calculado por los medios de cálculo del valor estimado del ángulo de balanceo, y la tasa de variación temporal de la aceleración del eje y calculada a partir de los valores de detección de la aceleración del eje y y de la aceleración angular del eje z detectados por los medios de detección de la aceleración y de la velocidad angular, de un valor estimado anterior de la velocidad del ángulo de balanceo estimado por los medios de estimación de la velocidad del ángulo de balanceo, de un valor estimado anterior del ángulo de cabeceo estimado por los medios de estimación del ángulo de cabeceo, y de un valor de detección de la velocidad en la dirección de desplazamiento detectado por los medios de detección de la velocidad del vehículo, así como segundos medios de filtrado para extraer un componente variable de velocidad angular del eje z, que es un componente que varía de acuerdo con un movimiento de giro del vehículo, a partir de un valor de detección de la velocidad angular del eje z detectado por los medios de detección de la aceleración y de la velocidad angular, y se configuran para calcular, como el valor del índice de error, un valor obtenido multiplicando el componente variable de desviación extraído por los primeros medios de filtrado por el componente variable de velocidad angular del eje z extraído por los segundos medios de filtrado (quinta invención).

35 De acuerdo con la quinta invención, se puede calcular un valor del índice de error adecuado para calcular un valor estimado altamente fiable del componente de error de la aceleración del eje x.

Es más, en las invenciones tercera a quinta, es preferible que un período de tiempo predeterminado inmediatamente después del inicio de un movimiento de giro de la carrocería del vehículo sea un período de tiempo en el que un producto de un valor de detección de la velocidad angular del eje z detectado por los medios de detección de la aceleración y de la velocidad angular y de la tasa de variación temporal del valor de detección es un valor positivo no menor que un valor predeterminado (sexta invención).

45 De acuerdo con la sexta invención, es posible establecer de manera apropiada el período de tiempo predeterminado, para realizar el procesamiento de determinar un valor estimado del componente de error de la aceleración del eje x de tal manera que el valor del índice de error se acerque a cero.

Además, en las invenciones primera a sexta, es preferible que se proporcionen adicionalmente medios de estimación del componente de error de la aceleración del eje y configurados para estimar un componente de error de la aceleración del eje y, que es un componente de error de estado estacionario incluido en un valor de detección de la aceleración del eje y detectado por los medios de detección de la aceleración y de la velocidad angular, y que los medios de cálculo del valor de corrección se configuren para incluir, como parte del procesamiento realizado para calcular el valor de corrección, el procesamiento para eliminar un valor estimado del componente de error de la aceleración del eje y estimado por los medios de estimación del componente de error de la aceleración del eje y a partir de un valor de detección de la aceleración del eje y detectado por los medios de detección de la aceleración y de la velocidad angular.

Entonces, en este caso, es preferible que los medios de estimación del componente de error de la aceleración del eje y incluyan medios de determinación de desplazamiento hacia delante para determinar si la carrocería del vehículo está en un estado de desplazamiento hacia delante, y se configuren para obtener un valor estimado del componente de error de la aceleración del eje y sobre la base de un valor de detección de la aceleración del eje y detectado por los medios de detección de la aceleración y de la velocidad angular, en un estado en el que los medios de determinación de desplazamiento hacia delante determinan que la carrocería del vehículo está en un estado de desplazamiento hacia delante (séptima invención).

65 Aquí, un estado de desplazamiento hacia delante de la carrocería del vehículo es un estado en el que el valor real

de la aceleración del eje y es cero o está dentro de un intervalo predeterminado. En consecuencia, si un valor de detección de la aceleración del eje y detectado por los medios de detección de la aceleración y de la velocidad angular no es cero o no está dentro del intervalo predeterminado, el valor de detección es equivalente al componente de error de la aceleración del eje y.

5 En consecuencia, un valor estimado del componente de error de la aceleración del eje y puede obtenerse apropiadamente, sobre la base de un valor de detección de la aceleración del eje y detectado por los medios de detección de la aceleración y de la velocidad angular en un estado en el que los medios de determinación de desplazamiento hacia delante determinan que la carrocería del vehículo está en un estado de desplazamiento hacia delante.

10 Por lo tanto, en el procesamiento de los medios de cálculo del valor de corrección, un valor estimado del componente de error de la aceleración del eje y se puede eliminar apropiadamente de un valor de detección de la aceleración del eje y, de modo que el componente de error de la aceleración del eje y no afecte al valor de corrección. Como resultado, la fiabilidad en el valor calculado del valor de corrección calculado por los medios de cálculo del valor de corrección se puede mejorar aún más.

15 En la séptima invención, es preferible que los medios de determinación de desplazamiento hacia delante se configuren para determinar que la carrocería del vehículo está en un estado de desplazamiento hacia delante cuando se cumplen las siguientes condiciones: un valor de detección de la velocidad en la dirección de desplazamiento detectado por los medios de detección de la velocidad del vehículo no es inferior a una velocidad predeterminada; y un producto de un valor de detección de la velocidad angular del eje z detectado por los medios de detección de la aceleración y de la velocidad angular y de un valor de detección de la velocidad en la dirección de desplazamiento detectado por los medios de detección de la velocidad del vehículo no es mayor que un valor predeterminado (octava invención).

20 De acuerdo con la octava invención, se puede determinar de manera altamente fiable si la carrocería del vehículo se encuentra en un estado de desplazamiento hacia delante o no. Por lo tanto, se puede mejorar la fiabilidad en un valor estimado del componente de error de la aceleración del eje y.

30 **Breve descripción de los dibujos**

La figura 1 es un diagrama de bloques que muestra una configuración completa de un dispositivo de estimación del ángulo de balanceo de una realización de la presente invención.

35 La figura 2 es una vista en perspectiva que muestra parcialmente una motocicleta en la que está montado el dispositivo de estimación del ángulo de balanceo de la realización.

La figura 3 es un diagrama de bloques que muestra una configuración funcional de una unidad de procesamiento de medición mostrada en la figura 1.

40 La figura 4 es un diagrama de bloques que muestra el procesamiento de una porción de estimación del ángulo de cabeceo mostrada en la figura 3.

La figura 5 es un diagrama de bloques que muestra el procesamiento de una porción de estimación del componente de error de la aceleración del eje x mostrada en la figura 3.

Las figuras 6(a) a 6(d) son gráficos para describir el procesamiento de la porción de estimación del componente de error de la aceleración del eje x en la figura 5.

45 La figura 7 es un diagrama de bloques que muestra el procesamiento de una porción de cálculo del valor estimado del ángulo de balanceo de otra realización.

**Mejor modo para llevar a cabo la invención**

50 A continuación se describirá una realización de la presente invención con referencia a las figuras 1 a 6.

Con referencia a las figuras 1 y 2, un dispositivo de estimación del ángulo de balanceo 1 de la realización está montado en una motocicleta 100 como se muestra en la figura 2, como un dispositivo para estimar el ángulo de balanceo de la carrocería del vehículo 101 de la motocicleta 100.

55 Aquí, se dará una descripción de un sistema de coordenadas local y de un sistema de coordenadas global como se muestra en la figura 2, que se adoptan en la siguiente descripción de la realización.

60 Un sistema de coordenadas local es un sistema de coordenadas fijado a la carrocería del vehículo 101 (sistema de coordenadas que se mueve junto con la carrocería del vehículo 101). Como se muestra en la figura 2, el sistema de coordenadas local se define como un sistema de coordenadas cartesianas xyz que incluye: un eje que se extiende en la dirección delantera-trasera de la carrocería del vehículo 101 como un eje x; un eje que se extiende en la dirección de la anchura del vehículo de la carrocería del vehículo 101 como un eje y; y un eje que se extiende en la dirección hacia arriba-hacia abajo de la carrocería del vehículo 101 como un eje z.

65

Por otra parte, el sistema de coordenadas global es un sistema de coordenadas inerciales para expresar un estado de movimiento de la carrocería del vehículo 101 como se ve desde un entorno de desplazamiento de la motocicleta 100 (entorno de movimiento de la carrocería del vehículo 101). El sistema de coordenadas global se define como un sistema de coordenadas cartesianas XYZ que incluye: como un eje X, un eje horizontal en la misma dirección que un eje obtenido al proyectar el eje x del sistema de coordenadas local en un plano horizontal; como un eje Y, un eje horizontal en la misma dirección que un eje obtenido al proyectar el eje y del sistema de coordenadas local en un plano horizontal; y un eje en la dirección vertical (dirección de la gravedad) como un eje Z.

En este caso, cuando la motocicleta 100 se mantiene inmóvil en posición vertical en un plano horizontal, la dirección del eje x, la dirección del eje y y la dirección del eje z del sistema de coordenadas local coinciden respectivamente con la dirección del eje X, la dirección del eje Y y la dirección del eje Z del sistema de coordenadas global.

Dicho sea de paso, el sistema de coordenadas global como se ha definido anteriormente es un sistema de coordenadas que se mueve junto con el movimiento de la carrocería del vehículo 101, y no es un sistema de coordenadas que siempre está fijado a la superficie de la carretera.

Además, el ángulo de balanceo, el ángulo de cabeceo y el ángulo de guiñada de la carrocería del vehículo 101 se expresan como el ángulo de rotación alrededor del eje X del sistema de coordenadas global, como el ángulo de rotación alrededor del eje Y del mismo y como el ángulo de rotación alrededor del eje Z del mismo, respectivamente. En la realización, el ángulo de balanceo, el ángulo de cabeceo y el ángulo de guiñada de la carrocería del vehículo 101 son ángulos expresados como ángulos de Euler.

El dispositivo de estimación del ángulo de balanceo 1 se describirá en detalle en el supuesto anterior.

Como se muestra en la figura 1, el dispositivo de estimación del ángulo de balanceo 1 incluye: un sensor de velocidad del vehículo 2 para detectar la velocidad del vehículo como la velocidad de la carrocería del vehículo 101 en la dirección de desplazamiento; una unidad de sensor inercial 3 para detectar la aceleración y la velocidad angular generadas en la carrocería del vehículo 101; y una unidad de procesamiento de medición 6 para realizar procesos tales como estimar el ángulo de balanceo sobre la base de señales de detección introducidas por el sensor de velocidad del vehículo 2 y por la unidad de sensor de inercia 3.

El sensor de velocidad del vehículo 2 es un medio de detección de la velocidad del vehículo de la presente invención. El sensor de velocidad del vehículo 2 está configurado por un sensor de velocidad de rotación tal como un codificador giratorio, que emite una señal de detección de acuerdo con la velocidad de rotación de una rueda trasera (no mostrada) de la motocicleta 100, por ejemplo. En este caso, la velocidad de la rueda trasera (velocidad de movimiento causada por la rotación de la rueda trasera) correspondiente a un valor de detección de la velocidad de rotación de la rueda trasera se obtiene como un valor de detección de la velocidad del vehículo.

Téngase en cuenta que la velocidad de rotación de las ruedas delanteras y traseras puede detectarse, y los valores de detección de las velocidades de rotación de las mismas pueden usarse para calcular la velocidad del vehículo. Además, el sensor de velocidad del vehículo 2 puede ser otro tipo de sensor (por ejemplo, un sensor de velocidad del vehículo que usa GPS), siempre que sea capaz de detectar la velocidad de la carrocería del vehículo 101 en la dirección de desplazamiento.

La unidad de sensor inercial 3 es un medio de detección de la aceleración y de la velocidad angular de la presente invención. Como se muestra en la figura 2, la unidad de sensor inercial 3 está fijada a cualquier parte apropiada de la carrocería del vehículo 101. En la realización, la unidad de sensor inercial 3 incluye, en su carcasa, un sensor de aceleración del eje x 4x para detectar la aceleración traslacional en la dirección del eje x del sistema de coordenadas local (en lo sucesivo denominada aceleración del eje x), un sensor de aceleración del eje y 4y para detectar la aceleración traslacional en la dirección del eje y del mismo (en lo sucesivo denominada aceleración del eje y), un sensor de velocidad angular del eje x 5x para detectar la velocidad angular alrededor del eje x del mismo (en lo sucesivo denominada velocidad angular del eje x), y un sensor de velocidad angular del eje z 5z para detectar la velocidad angular alrededor del eje z del mismo (en lo sucesivo denominada velocidad angular del eje z).

Esta configuración permite que la unidad de sensor inercial 3 detecte la aceleración en la dirección axial de cada uno de los ejes x e y, así como la velocidad angular alrededor de cada uno de los ejes x y z generadas en la carrocería del vehículo 101. Téngase en cuenta que cuando la carrocería del vehículo 101 está inclinada en la dirección de balanceo o de cabeceo, la aceleración del eje x o la aceleración del eje y detectada por la unidad de sensor inercial 3 incluye un componente de aceleración resultante de la gravedad.

Dicho sea de paso, el sensor de aceleración del eje x 4x y el sensor de aceleración del eje y 4y pueden configurarse integralmente, como un único sensor de aceleración que tiene dos ejes de detección. De forma similar, el sensor de velocidad angular del eje x 5x y el sensor de velocidad angular del eje z 5z pueden configurarse integralmente, como un único sensor de velocidad angular que tiene dos ejes de detección.

Además, en lugar del sensor de aceleración del eje x 4x y del sensor de aceleración del eje y 4y, la unidad de sensor

5 inercial 3 puede incluir un sensor de aceleración para detectar la aceleración en cada una de las direcciones de dos ejes no paralelos (no necesariamente ortogonales entre sí) en el plano xy del sistema de coordenadas local. Aquí, al menos uno de estos dos ejes difiere de los ejes x e y. Incluso en este caso, se puede obtener un valor de detección de aceleración en cada una de las direcciones de los ejes x e y sin ambigüedades, realizando la transformación de coordenadas a partir de un conjunto de valores de detección de la aceleración en las dos direcciones axiales.

Tal caso puede considerarse equivalente a incluir el sensor de aceleración del eje x y el sensor de aceleración del eje y.

10 De manera similar, en lugar del sensor de velocidad angular del eje x  $5x$  y del sensor de velocidad angular del eje z  $5z$ , la unidad de sensor inercial 3 puede incluir un sensor de velocidad angular para detectar la velocidad angular alrededor de cada uno de los dos ejes no paralelos (no necesariamente ortogonales a entre sí) en el plano xz del sistema de coordenadas local. Aquí, al menos uno de estos ejes difiere de los ejes x y z.

15 Tal caso puede considerarse equivalente a incluir el sensor de velocidad angular del eje x y el sensor de velocidad angular del eje z.

20 La unidad de procesamiento de medición 6 está configurada por una unidad de circuito electrónico que incluye una CPU, una RAM, una ROM, un circuito de interfaz y similares, y está montada en cualquier parte apropiada de la motocicleta 100. Téngase en cuenta que la unidad de procesamiento de medición 6 puede estar configurada por múltiples unidades de circuitos electrónicos mutuamente comunicables.

25 La unidad de procesamiento de medición 6 tiene funciones que se muestran en el diagrama de bloques de la figura 3, como funciones implementadas por un programa instalado o funciones implementadas por una configuración de hardware.

30 Específicamente, la unidad de procesamiento de medición 6 incluye como porciones de función principal: una porción de estimación del ángulo de balanceo de la velocidad del ángulo de balanceo 11 para estimar una velocidad del ángulo de balanceo  $\dot{\varphi}$  (tasa de variación temporal en un ángulo de balanceo  $\varphi$ ) de la carrocería del vehículo 101, una porción de cálculo del valor de corrección 12 para calcular un valor de corrección  $\delta$ , que es una cantidad de operación para reducir el error en un valor estimado del ángulo de balanceo  $\varphi$  de la carrocería del vehículo 101, una porción de estimación del ángulo de cabeceo 13 para estimar un ángulo de cabeceo  $\theta$  de la carrocería del vehículo 101, y una porción de cálculo del valor estimado del ángulo de balanceo 14 para calcular un valor estimado del ángulo de balanceo  $\varphi$  de la carrocería del vehículo 101.

35 En este caso, la porción de cálculo del valor estimado del ángulo de balanceo 14 calcula un valor estimado del ángulo de balanceo  $\varphi$  sobre la base de un valor estimado de la velocidad del ángulo de balanceo  $\dot{\varphi}$  estimado por la porción de estimación de la velocidad del ángulo de balanceo 11, y un valor calculado del valor de corrección  $\delta$  calculado por la porción de cálculo del valor de corrección 12. Un valor estimado del ángulo de cabeceo  $\theta$  estimado por la porción de estimación del ángulo de cabeceo 13 se usa en el procesamiento de la porción de estimación de la velocidad del ángulo de balanceo 11 y de la porción de cálculo del valor de corrección 12.

40 La unidad de procesamiento de medición 6 incluye además: una porción de estimación del componente de error de la aceleración del eje y 15 para estimar un componente de error  $a_{y\_ofsterr}$  de la aceleración del eje y, que es un componente de error de estado estacionario (componente de error resultante de la deriva en la salida del sensor de aceleración del eje y 4y y similares) incluido en un valor de detección de la aceleración del eje y basado en una señal de detección de la unidad de sensor inercial 3; y una porción de estimación del componente de error de la aceleración del eje x 16 para estimar un componente de error  $a_{x\_ofsterr}$  de la aceleración del eje x, que es un componente de error de estado estacionario (componente de error resultante de la deriva en la salida del sensor de aceleración del eje x 4x y similares) incluido en un valor de detección de la aceleración del eje x basado en una señal de detección de la unidad de sensor inercial 3.

45 Un valor estimado del componente de error  $a_{y\_ofsterr}$  de la aceleración del eje y estimado por la porción de estimación del componente de error de la aceleración del eje y 15 se usa en el procesamiento de la porción de cálculo del valor de corrección 12. Además, un valor estimado del componente de error  $a_{x\_ofsterr}$  de la aceleración del eje x estimado por la porción de estimación del componente de error de la aceleración del eje x 16 se usa en el procesamiento de la porción de estimación del ángulo de cabeceo 13.

50 La porción de estimación de la velocidad del ángulo de balanceo 11, la porción de cálculo del valor de corrección 12, la porción de estimación del ángulo de cabeceo 13, la porción de cálculo del valor estimado del ángulo de balanceo 14, la porción de estimación del componente de error de la aceleración del eje y 15, y la porción de estimación del componente de error de la aceleración del eje x 16 son, respectivamente, medios de estimación de la velocidad del ángulo de balanceo, medios de cálculo del valor de corrección, medios de estimación del ángulo de cabeceo, medios de cálculo del valor estimado del ángulo de balanceo, medios de estimación del componente de error de la aceleración del eje y, y medios de estimación del componente de error de la aceleración del eje x de la presente invención.

Téngase en cuenta que la unidad de procesamiento de medición 6 puede incluir otras funciones además de la función de estimar el ángulo de balanceo  $\phi$  (por ejemplo, la función de control de operación de la motocicleta 100). De lo contrario, las porciones de función mencionadas anteriormente de la unidad de procesamiento de medición 6 pueden incluirse como algunas de las funciones de un dispositivo de control que realiza el control de operación y similares de la motocicleta 100.

Aquí, antes de describir específicamente el procesamiento de la unidad de procesamiento de medición 6, se mostrarán las ecuaciones básicas relacionadas con el procesamiento.

Si un vector de velocidad angular de la carrocería del vehículo 101 descrito anteriormente en el sistema de coordenadas local se expresa como  $[\omega_x \ \omega_y \ \omega_z]^T$ , y un vector de velocidad angular de la carrocería del vehículo 101 descrito anteriormente en el sistema de coordenadas global se expresa como  $[\dot{\phi} \ \dot{\theta} \ \dot{\psi}]^T$ , la relación entre  $[\omega_x \ \omega_y \ \omega_z]^T$  y  $[\dot{\phi} \ \dot{\theta} \ \dot{\psi}]^T$  se expresa mediante la siguiente ecuación (1). Téngase en cuenta que el superíndice T indica transposición.

Además, si un vector de aceleración de la carrocería del vehículo 101 descrito anteriormente en el sistema de coordenadas local se expresa como  $[a_x \ a_y \ a_z]^T$ , y un vector de aceleración de la carrocería del vehículo 101 descrito anteriormente en el sistema de coordenadas global se expresa como  $[A_x \ A_y \ A_z]^T$ , la relación entre  $[a_x \ a_y \ a_z]^T$  y  $[A_x \ A_y \ A_z]^T$  se expresa mediante la siguiente ecuación (2). Téngase en cuenta que en la ecuación (2),  $A_z$  coincide aproximadamente con la gravedad normal  $g$ .

[Expresión 1]

$$\begin{bmatrix} \dot{\phi} \\ \dot{\theta} \\ \dot{\psi} \end{bmatrix} = \begin{bmatrix} 1 & \sin \phi \cdot \tan \theta & \cos \phi \cdot \tan \theta \\ 0 & \cos \phi & -\sin \phi \\ 0 & \sin \phi / \cos \theta & \cos \phi / \cos \theta \end{bmatrix} \cdot \begin{bmatrix} \omega_x \\ \omega_y \\ \omega_z \end{bmatrix} \quad \dots(1)$$

$$\begin{bmatrix} a_x \\ a_y \\ a_z \end{bmatrix} = \begin{bmatrix} \cos \theta & 0 & -\sin \theta \\ \sin \phi \cdot \sin \theta & \cos \phi & \sin \phi \cdot \cos \theta \\ \cos \phi \cdot \sin \theta & -\sin \phi & \cos \phi \cdot \cos \theta \end{bmatrix} \cdot \begin{bmatrix} A_x \\ A_y \\ g \end{bmatrix} \quad \dots(2)$$

Aquí,  $\phi$ ,  $\theta$  y  $\psi$  en las ecuaciones (1) y (2) indican respectivamente el ángulo de balanceo (ángulo de inclinación alrededor del eje X) de la carrocería del vehículo 101, el ángulo de cabeceo (ángulo de inclinación alrededor del eje Y) de la carrocería del vehículo 101, y el ángulo de guiñada (ángulo de rotación alrededor del eje Z) de la carrocería del vehículo 101 descritos anteriormente en el sistema de coordenadas global. Estos ángulos se expresan como ángulos de Euler relacionados con la transformación de coordenadas entre el sistema de coordenadas local y el sistema de coordenadas global.

En otras palabras,  $\dot{\phi}$ ,  $\dot{\theta}$ , y  $\dot{\psi}$  son: una velocidad del ángulo de balanceo como la tasa de variación temporal en el ángulo de balanceo  $\phi$  ( $=d\phi/dt$ ), una velocidad del ángulo de cabeceo como la tasa de variación temporal en el ángulo de cabeceo  $\theta$  ( $=d\theta/dt$ ), y una velocidad del ángulo de guiñada como la tasa de variación temporal en el ángulo de guiñada  $\psi$  ( $=d\psi/dt$ ), respectivamente.

En la realización, la unidad de procesamiento de medición 6 estima el ángulo de balanceo  $\phi$  realizando el procesamiento formulado sobre la base de las ecuaciones (1) y (2) anteriores.

Téngase en cuenta que en la realización,  $\omega_x$ ,  $\omega_z$ ,  $a_x$  y  $a_y$  en las ecuaciones (1) y (2) indican respectivamente la velocidad angular del eje x, la velocidad angular del eje z, la aceleración del eje x y la aceleración del eje y detectadas por la unidad de sensor inercial 3.

Dicho sea de paso, un sensor de aceleración general está configurado para detectar la aceleración en un determinado punto de referencia. El punto de referencia se denominará en lo sucesivo como un punto de referencia de detección. En la realización, el punto de referencia de detección de los sensores de aceleración 4x, 4y es el punto de contacto con el suelo de la rueda trasera. Sin embargo, téngase en cuenta que el punto de referencia de detección no precisa ser el punto de contacto con el suelo de la rueda trasera.

Si el punto de referencia de detección de los sensores de aceleración 4x, 4y no está en el punto de contacto con el suelo de la rueda trasera, un valor de detección de la aceleración puede convertirse en aceleración en el punto de contacto con el suelo de la rueda trasera mediante el uso de un valor de detección de la aceleración angular, que es un valor diferencial (tasa de variación temporal) de un valor de detección del sensor de velocidad angular.

Por ejemplo, si el punto de referencia de detección del sensor de aceleración del eje y  $4y$  se coloca por encima del punto de contacto con el suelo de la rueda trasera para una distancia predeterminada  $L$ , un valor de detección  $ay'$  de la aceleración del eje y detectado por el sensor de aceleración del eje y  $4y$  puede convertirse en la aceleración del eje y  $ay$  en el punto de contacto con el suelo de la rueda trasera mediante la siguiente ecuación (A).

$$ay = ay' + L \cdot \omega x\_dot \quad \dots (A)$$

Téngase en cuenta que  $\omega x\_dot$  es la aceleración angular del eje x (valor diferencial de la velocidad angular del eje x).

A continuación, se describirán los detalles del procesamiento de la unidad de procesamiento de medición 6. La unidad de procesamiento de medición 6 adquiere, a través de un convertidor A/D o similar, una señal de detección del sensor de velocidad del vehículo 2 y una señal de detección de la unidad de sensor inercial 3 (señales de detección de los sensores de aceleración  $4x$ ,  $4y$  y señales de detección de los sensores de velocidad angular  $5x$ ,  $5z$ ) en períodos de procesamiento aritmético predeterminados, y obtiene valores de detección de la velocidad  $V$  de un vehículo, de la aceleración del eje x, de la aceleración del eje y, de la velocidad angular del eje x  $\omega x$ , y de la velocidad angular del eje z  $\omega z$  indicadas por las señales de detección.

Entonces, en cada uno de los períodos de procesamiento aritmético, la unidad de procesamiento de medición 6 realiza el procesamiento de la porción de estimación de la velocidad del ángulo de balanceo 11, de la porción de cálculo del valor de corrección 12 y de la porción de estimación del ángulo de cabeceo 13, para calcular respectivamente un valor estimado de la velocidad del ángulo de balanceo  $\phi dot$ , el valor de corrección  $\delta$  y un valor estimado del ángulo de cabeceo  $\theta$ .

Además, en cada uno de los períodos de procesamiento aritmético, la unidad de procesamiento de medición 6 realiza el procesamiento de la porción de cálculo del valor estimado del ángulo de balanceo 14 para calcular un valor estimado del ángulo de balanceo  $\phi$ , mediante el uso de un valor estimado de la velocidad del ángulo de balanceo  $\phi dot$  y del valor de corrección  $\delta$  calculados respectivamente por la porción de estimación de la velocidad del ángulo de balanceo 11 y por la porción de cálculo del valor de corrección 12.

El procesamiento específico de la porción de estimación de la velocidad del ángulo de balanceo 11 se describirá a continuación. Téngase en cuenta que en la siguiente descripción, con respecto a los valores de detección que la unidad de procesamiento de medición 6 calcula u obtiene en cada uno de los períodos de procesamiento aritmético, un valor del período de procesamiento aritmético actual a veces se denomina valor actual y un valor del período de procesamiento aritmético anterior a veces se denomina valor anterior. En este caso, un valor anterior de un valor estimado del ángulo de cabeceo  $\theta$  o similar es un valor estimado anterior de la presente invención.

La ecuación relacionada con la velocidad del ángulo de balanceo  $\phi dot$  (ecuación en la primera fila) de la ecuación (1) mencionada anteriormente es la siguiente ecuación (3). El segundo término en el lado derecho de la ecuación (3) es normalmente suficientemente pequeño ( $\approx 0$ ). Por lo tanto, el lado derecho de la ecuación (3) puede aproximarse a la siguiente ecuación (3a).

$$\begin{aligned} \phi dot &= \omega x + \text{sen } \phi \cdot \tan \theta \cdot \omega y + \cos \phi \cdot \tan \theta \cdot \omega z && \dots (3) \\ &\approx \omega x + \cos \phi \cdot \tan \theta \cdot \omega z && \dots (3a) \end{aligned}$$

La porción de estimación de la velocidad del ángulo de balanceo 11 calcula un valor estimado de la velocidad del ángulo de balanceo  $\phi dot$  usando la ecuación (3a) como la ecuación básica.

Específicamente, en cada uno de los períodos de procesamiento aritmético, la porción de estimación de la velocidad del ángulo de balanceo 11 obtiene un valor de detección  $\omega x\_sens$  (valor actual) de la velocidad angular del eje x  $\omega x$ , así como un valor de detección  $\omega z\_sens$  (valor actual) de la velocidad angular del eje z  $\omega z$  basado en las señales de detección de la unidad de sensor inercial 3, y un valor estimado del ángulo de balanceo  $\phi$  (valor anterior  $\phi\_pre$ ) y un valor estimado del ángulo de cabeceo  $\theta$  (valor anterior  $\theta\_pre$ ) calculados respectivamente por la porción de cálculo del valor estimado del ángulo de balanceo 14 y por la porción de estimación del ángulo de cabeceo 13 en el período de procesamiento aritmético anterior.

Posteriormente, se calcula un valor estimado de la velocidad del ángulo de balanceo  $\phi$  realizando la operación aritmética en el lado derecho de la ecuación (3a), usando estos valores de  $\omega x\_sens$ ,  $\omega z\_sens$ ,  $\phi\_pre$ ,  $\theta\_pre$  como valores de  $\omega x$ ,  $\omega z$ ,  $\phi$ ,  $\theta$  de la ecuación (3a), respectivamente.

Téngase en cuenta que, en este caso, los valores de filtrado, que se obtienen eliminando un componente de ruido en el lado de alta frecuencia de los valores de detección  $\omega_x$   $\omega_z$   $\omega_y$  mediante el uso de un filtro de paso bajo, pueden usarse como los valores  $\omega_x$  y  $\omega_z$ , respectivamente, en la operación aritmética en el lado derecho de la ecuación (3a).

5 El procesamiento específico de la porción de estimación del ángulo de cabeceo 13 se describirá a continuación.

La ecuación relacionada con la aceleración del eje x  $a_x$  (ecuación en la primera fila) de la ecuación (2) mencionada anteriormente es la siguiente ecuación (4). La siguiente ecuación (4a) se puede obtener de esta ecuación (4).

10

$$a_x = A_x \cdot \cos \theta - g \cdot \sin \theta \quad \dots (4)$$

$$\theta = \sin^{-1} ((A_x \cdot \cos \theta - a_x) / g) \quad \dots (4a)$$

Además, dado que  $A_x$  es la aceleración en la dirección del eje X de la carrocería del vehículo 101 descrita anteriormente en el sistema de coordenadas global, es equivalente a una tasa de variación temporal de la velocidad V del vehículo, que es la velocidad de movimiento de la carrocería del vehículo 101 en la dirección del eje X,  $V_{dot}$  ( $=dV/dt$ ) como se muestra en la siguiente ecuación (5).

15

$$A_x = V_{dot} \quad \dots (5)$$

20 Al aplicar esta ecuación (5) a la ecuación (4a) mencionada anteriormente, se puede obtener la siguiente ecuación (4b).

$$\theta = \sin^{-1} ((V_{dot} \cdot \cos \theta - a_x) / g) \quad \dots (4b)$$

25 Básicamente, el ángulo de cabeceo  $\theta$  de la carrocería del vehículo 101 puede estimarse sobre la base de esta ecuación (4b). En este caso, la tasa de variación temporal (la tasa de variación temporal entre el valor actual y el valor anterior) de un valor de detección  $V_{sens}$  de la velocidad V del vehículo basado en una señal de detección del sensor de velocidad del vehículo 2, un valor estimado del ángulo de cabeceo  $\theta$  (valor anterior  $\theta_{pre}$ ) calculado por la porción de estimación del ángulo de cabeceo 13 en el período de procesamiento aritmético anterior, y un valor de detección  $a_{x\_sens}$  (valor actual) de la aceleración del eje x  $a_x$  basado en una señal de detección de la unidad de sensor inercial 3 pueden usarse como los valores de  $V_{dot}$ ,  $\theta$ , y  $a_x$ , respectivamente, en el lado derecho de la ecuación (4b).

30 Sin embargo, el valor de detección  $a_{x\_sens}$  generalmente incluye el componente de error  $a_{x\_ofsterr}$  de la aceleración del eje x, que es un componente de error de estado estacionario resultante de la deriva en la salida del sensor de aceleración del eje x  $4x$  y similares.

35 Por lo tanto, en la realización, la porción de estimación del ángulo de cabeceo 13 calcula un valor estimado del ángulo de cabeceo  $\theta$  sobre la base de la siguiente ecuación (4c), en la que un valor obtenido al eliminar  $a_{x\_ofsterr}$  de  $a_{x\_sens}$  ( $=a_{x\_sens} - a_{x\_ofsterr}$ ) se usa como el valor de  $a_x$  de la ecuación (4b).

40

$$\theta = \sin^{-1} ((V_{dot} \cdot \cos \theta - a_{x\_sens} - a_{x\_ofsterr}) / g) \quad \dots (4c)$$

45 Específicamente, la porción de estimación del ángulo de cabeceo 13 calcula un valor estimado del ángulo de cabeceo  $\theta$  de acuerdo con el procesamiento mostrado en el diagrama de bloques de la figura 4.

Es decir, en cada uno de los períodos de procesamiento aritmético, la porción de estimación del ángulo de cabeceo 13 obtiene el valor de detección  $V_{sens}$  de la velocidad V del vehículo basado en una señal de detección del sensor de velocidad del vehículo 2, el valor de detección  $a_{x\_sens}$  de la aceleración del eje x basado en una señal de detección de la unidad de sensor inercial 3 y un valor estimado del componente de error  $a_{x\_ofsterr}$  de la aceleración del eje x calculado por la porción de estimación del componente de error de la aceleración del eje x 16.

Posteriormente, la porción de estimación del ángulo de cabeceo 13 realiza el procesamiento para calcular la tasa de variación temporal  $V_{dot}$  del valor de detección  $V_{sens}$  de la velocidad V del vehículo, en una porción de operación diferencial 13a.

55 En la porción de operación diferencial 13a, la tasa de variación temporal  $V_{dot}$  de  $V_{sens}$  se calcula dividiendo una diferencia entre el valor actual y el valor anterior de  $V_{sens}$  entre un intervalo de tiempo  $\Delta t$  del período de

procesamiento aritmético, en cada uno de los períodos de procesamiento aritmético. Téngase en cuenta que “Z<sup>-1</sup>” en los dibujos indica un elemento de retraso en un sistema discreto.

5 Luego, la porción de estimación del ángulo de cabeceo 13 realiza el procesamiento en una porción de operación 13c para multiplicar un valor de filtrado (valor de salida de un filtro 13b), que se obtiene eliminando un componente de ruido en el lado de alta frecuencia mediante el uso del filtro de paso bajo 13b de  $\dot{V}$  calculado en la porción de operación diferencial 13a, por un valor de función coseno del valor anterior  $\theta_{pre}$   $\cos(\theta_{pre})$  de un valor estimado del ángulo de cabeceo  $\theta$ .

10 Además, la porción de estimación del ángulo de cabeceo 13 realiza el procesamiento en una porción de operación 13e para restar un valor de filtrado (valor de salida de un filtro 13d), que se obtiene eliminando un componente de ruido en el lado de alta frecuencia mediante el uso del filtro de paso bajo 13d del valor de detección  $a_{x\_sens}$  de la aceleración del eje x  $a_x$ , de un valor de salida de la porción de operación 13c.

15 Posteriormente, la porción de estimación del ángulo de cabeceo 13 realiza el procesamiento en una porción de operación 13g para restar un valor estimado del componente de error  $a_{x\_ofsterr}$  de la aceleración del eje x calculado por la porción de estimación del componente de error de la aceleración del eje x 16 (que se describirá más adelante en detalle), de un valor de filtrado (valor de salida de un filtro 13f) obtenido eliminando un componente de ruido en el lado de alta frecuencia mediante el uso del filtro de paso bajo 13f de un valor de salida de la porción de operación 13e. El procesamiento en la porción de operación 13g es el procesamiento para eliminar un valor estimado del componente de error  $a_{x\_ofsterr}$  de la aceleración del eje x de  $a_{x\_sens}$ .

20 Téngase en cuenta que el filtro 13f puede omitirse. Sin embargo, la realización incluye el filtro 13f para minimizar la influencia del ruido.

25 El valor de  $(\dot{v} \cdot \cos\theta - a_{x\_sens} - a_{x\_ofsterr})$  en la ecuación (4c) se calcula mediante la operación hasta el procesamiento de la porción de operación 13g. Téngase en cuenta que en este caso,  $(\dot{v} \cdot \cos\theta - a_{x\_sens})$  es el valor de filtrado después de la eliminación del componente de ruido en el lado de alta frecuencia mediante los filtros de paso bajo 13b, 13d, 13f.

30 Luego, de acuerdo con la ecuación (4c), la porción de estimación del ángulo de cabeceo 13 calcula un valor arco seno de un valor obtenido dividiendo un valor de salida de la porción de operación 13g entre la gravedad normal  $g$ , como un valor estimado del ángulo de cabeceo  $\theta$ .

35 En la realización, un valor estimado del ángulo de cabeceo  $\theta$  de la carrocería del vehículo 101 se calcula sucesivamente realizando el procesamiento de la porción de estimación del ángulo de cabeceo 13 de la manera mencionada anteriormente.

40 Téngase en cuenta que los valores de  $\dot{V}$ ,  $a_{x\_sens}$ , y  $a_{x\_ofsterr}$  usados en el procesamiento aritmético de la porción de estimación del ángulo de cabeceo 13 pueden ser proporciones relativas con respecto a la gravedad normal  $g$  (valores de aceleración expresados en unidades de  $g$ ). En este caso, el procesamiento de dividir el valor de salida de la porción de operación 13g entre la gravedad normal  $g$  es innecesario.

45 El procesamiento específico de la porción de cálculo del valor de corrección 12 se describirá a continuación. Básicamente, el ángulo de balanceo  $\varphi$  de la carrocería del vehículo 101 puede estimarse integrando un valor estimado de la velocidad del ángulo de balanceo  $\dot{\varphi}$  calculado por la porción de estimación de la velocidad del ángulo de balanceo 11. Sin embargo, en tal caso, el error incluido en el valor estimado de la velocidad del ángulo de balanceo  $\dot{\varphi}$  se acumula por integración, y por lo tanto puede conducir a divergencia en un valor estimado del ángulo de balanceo  $\varphi$ .

50 La porción de cálculo del valor de corrección 12 está configurada para calcular el valor de corrección  $\delta$  para evitar tal acumulación de error.

55 En primer lugar, centrándose en la ecuación relacionada con la aceleración del eje y,  $a_y$  (ecuación en la segunda fila) como una ecuación que incluye el valor del ángulo de balanceo  $\varphi$  en la ecuación (2) mencionada anteriormente, esta ecuación es la siguiente ecuación (6). Dado que el primer término en el lado derecho de esta ecuación (6) normalmente es suficientemente pequeño ( $\approx 0$ ), el lado derecho de la ecuación (6) puede aproximarse a la siguiente ecuación (6a).

$$a_y = \sin \varphi \cdot \sin \theta \cdot A_x + \cos \varphi \cdot A_y + \sin \varphi \cdot \cos \theta \cdot g \quad \dots (6)$$

$$\approx \cos \varphi \cdot A_y + \sin \varphi \cdot \cos \theta \cdot g \quad \dots (6a)$$

60

Y dado que el deslizamiento lateral de la carrocería del vehículo 101 normalmente puede considerarse como suficientemente pequeño,  $A_y$ , como la aceleración en la dirección del eje Y de la carrocería del vehículo 101 descrita anteriormente en el sistema de coordenadas global, puede considerarse equivalente a la aceleración en la dirección del eje Y debida a la fuerza centrífuga ( $=\dot{\psi} \cdot V$ ), como en la siguiente ecuación (7).

$$A_y = \dot{\psi} \cdot V \quad \dots (7)$$

Además, la ecuación relacionada con la velocidad del ángulo de guiñada  $\dot{\psi}$  (ecuación en la tercera fila) de la ecuación (1) mencionada anteriormente es la siguiente ecuación (8). De acuerdo con varios experimentos llevados a cabo por los inventores de la presente solicitud, el lado derecho de esta ecuación (8) se puede aproximar virtualmente a la siguiente ecuación (8a).

$$\begin{aligned} \dot{\psi} &= (\sin \varphi / \cos \theta) \cdot \omega_y + (\cos \varphi / \cos \theta) \cdot \omega_z \quad \dots (8) \\ &\approx (1 / \cos \theta) \cdot \omega_z \quad \dots (8a) \end{aligned}$$

Al aplicar las ecuaciones (7) y (8a) anteriores a la ecuación (6a), puede obtenerse la siguiente ecuación (6b).

$$a_y \approx \cos \varphi \cdot (1 / \cos \theta) \cdot \omega_z \cdot V + \sin \varphi \cdot \cos \theta \cdot g \quad \dots (6b)$$

Aquí, el valor de la aceleración del eje y  $a_y$  puede estimarse mediante la ecuación (6b), usando un valor de detección de la velocidad  $V$  del vehículo basado en una señal de detección del sensor de velocidad del vehículo 2, un valor de detección de la velocidad angular del eje z  $\omega_z$  basado en una señal de detección de la unidad de sensor inercial 3, un valor estimado del ángulo de cabeceo  $\theta$  y un valor estimado del ángulo de balanceo  $\varphi$ . En este caso, un valor estimado de la aceleración del eje y  $a_y$  (en lo sucesivo asignado con el número de referencia  $a_{y\_estm}$ ) basado en la ecuación (6b) se ve afectado por un error en un valor estimado del ángulo de balanceo  $\varphi$ .

Por otra parte, el valor de la aceleración del eje y  $a_y$  es detectado por la unidad de sensor inercial 3. Por consiguiente, la desviación entre un valor de detección de  $a_y$   $a_{y\_sens}$  basado en una señal de detección de la unidad de sensor inercial 3 y un valor estimado de  $a_y$   $a_{y\_estm}$  basado en la ecuación (6b) ( $=a_{y\_sens} - a_{y\_estm}$ ) corresponde al error en un valor estimado del ángulo de balanceo  $\varphi$ .

Por lo tanto, básicamente, el valor de corrección  $\delta$  que puede eliminar apropiadamente el error en un valor estimado del ángulo de balanceo  $\varphi$  se puede obtener, determinando el valor de corrección  $\delta$  como una cantidad de operación de retroalimentación para acercar a cero lo máximo posible la desviación ( $a_{y\_sens} - a_{y\_estm}$ ) mediante una ley de control de retroalimentación.

Sin embargo, el valor de detección  $a_{y\_sens}$  de la aceleración del eje y  $a_y$ , generalmente incluye el componente de error  $a_{y\_ofsterr}$  de la aceleración del eje y, que es un componente de error de estado estacionario resultante de la deriva en la salida del sensor de aceleración del eje y  $4y$  y similares.

Por lo tanto, en la realización, la porción de cálculo del valor de corrección 12 calcula el valor de corrección  $\delta$ , de tal manera que la desviación entre un valor, que se obtiene eliminando  $a_{y\_ofsterr}$  de  $a_{y\_sens}$  ( $=a_{y\_sens} - a_{y\_ofsterr}$ ), y un valor estimado  $a_{y\_estm}$  de  $a_y$  basado en la ecuación (6b) ( $=a_{y\_sens} - a_{y\_ofsterr} - a_{y\_estm}$ ) se acerque lo máximo posible a cero mediante una ley de control de retroalimentación.

Más específicamente, en cada uno de los períodos de procesamiento aritmético, la porción de cálculo del valor de corrección 12 obtiene el valor de detección  $V\_sens$  (valor actual) de la velocidad  $V$  del vehículo basado en una señal de detección del sensor de velocidad del vehículo 2, el valor de detección  $\omega_z\_sens$  (valor actual) de la velocidad angular del eje z  $\omega_z$ , así como el valor de detección  $a_{y\_sens}$  (valor actual) de la aceleración del eje y basado en las señales de detección de la unidad de sensor inercial 3, el valor anterior  $\theta\_pre$  de un valor estimado del ángulo de cabeceo  $\theta$  estimado por la porción de estimación del ángulo de cabeceo 13, y el valor anterior  $\varphi\_pre$  de un valor estimado del ángulo de balanceo  $\varphi$  estimado por la porción 14 de cálculo del valor estimado del ángulo de balanceo.

Entonces, un valor estimado  $a_{y\_estm}$  de la aceleración del eje y  $a_y$  se calcula realizando la operación aritmética en el lado derecho de la ecuación (6b), usando los valores de  $V\_sens$ ,  $\omega_z\_sens$ ,  $\theta\_pre$ ,  $\varphi\_pre$  como valores de  $V$ ,  $\omega_z$ ,  $\theta$ ,  $\varphi$  de la ecuación (6b), respectivamente.

Téngase en cuenta que, en este caso, los valores de filtrado, que se obtienen eliminando un componente de ruido en el lado de alta frecuencia de los valores de detección  $V\_sens$  y  $\omega_z\_sens$  mediante el uso de un filtro de paso bajo, pueden usarse como los valores  $V$  y  $\omega_z$ , respectivamente, en la operación aritmética en el lado derecho de la ecuación (6b).

Posteriormente, la porción de cálculo del valor de corrección 12 calcula el valor de corrección  $\delta$  mediante la siguiente ecuación (9), usando el valor actual del valor de detección  $ay\_sens$  de la aceleración del eje y  $ay$  (o un valor de filtrado obtenido al eliminar un componente de ruido en el lado de alta frecuencia de  $ay\_sens$  mediante el uso de un filtro de paso bajo) y un valor estimado del componente de error  $ay\_ofsterr$  de la aceleración del eje y estimado por la porción de estimación del componente de error de la aceleración del eje y 15 (que se describirá más adelante en detalle).

$$\delta = k1 \cdot ((ay\_sens - ay\_ofsterr) - ay\_estm) + k2 \cdot \int ((ay\_sens - ay\_ofsterr) - ay\_estm) dt \quad \dots (9)$$

Téngase en cuenta que  $k1$  y  $k2$  de la ecuación (9) son valores de ganancia predeterminados.

Por consiguiente, en la realización, la porción de cálculo del valor de corrección 12 calcula el valor de corrección  $\delta$  de tal manera que la desviación entre un valor, que se obtiene al eliminar un valor estimado del componente de error  $ay\_ofsterr$  de la aceleración del eje y del valor de detección  $ay\_sens$  de  $ay$ , y un valor estimado  $ay\_estm$  de  $ay$  basado en la ecuación (6b) ( $=ay\_sens - ay\_ofsterr - ay\_estm$ ) se acerque lo máximo posible a cero mediante la ley de control PI (controlador integral proporcional), que es una de las leyes de control de retroalimentación.

Téngase en cuenta que la integración en la ecuación (9) es una operación de integración de valores discretizados. Lo mismo ocurre con las otras integraciones en la realización.

En la realización, el valor de corrección  $\delta$  se calcula sucesivamente realizando el procesamiento de la porción de cálculo del valor de corrección 12 de la manera mencionada anteriormente.

A continuación, se describirá el procesamiento específico de la porción de cálculo del valor estimado del ángulo de balanceo 14. En la realización, en cada uno de los períodos de procesamiento aritmético, la porción de cálculo del valor estimado del ángulo de balanceo 14 calcula un valor estimado del ángulo de balanceo  $\phi$  integrando un valor obtenido al corregir un valor estimado (valor actual) de la velocidad del ángulo de balanceo  $\phi\dot{}$  calculado por la porción de estimación de la velocidad del ángulo de balanceo 11 mediante el uso del valor de corrección  $\delta$  (valor actual) calculado por la porción de cálculo del valor de corrección 12 ( $=\phi\dot{} - \delta$ ), como se muestra en la figura 3.

En este caso, dado que el valor de corrección  $\delta$  se calcula de la manera mencionada anteriormente, el valor estimado del ángulo de balanceo  $\phi$  se calcula para reducir el error en el valor estimado.

A continuación, se describirá el procesamiento de la porción de estimación del componente de error de la aceleración del eje y 15 y de la porción de estimación del componente de error de la aceleración del eje x 16, que se mencionarán más adelante. En primer lugar, se describirá el procesamiento de la porción de estimación del componente de error de la aceleración del eje y 15.

En un estado de desplazamiento hacia delante de la motocicleta 100 (es decir, estado de desplazamiento hacia delante de la carrocería del vehículo 101), el valor real de la aceleración del eje y  $ay$  se considera equivalente o casi equivalente a cero. En consecuencia, si el valor de detección  $ay\_sens$  de la aceleración del eje y  $ay$  basado en una señal de detección de la unidad de sensor inercial 3 en un estado de desplazamiento hacia delante de la motocicleta 100 no es cero, el valor de detección  $ay\_sens$  se considera el componente de error  $ay\_ofsterr$  de la aceleración del eje y como el componente de error de estado estacionario.

Por lo tanto, en la realización, la porción de estimación del componente de error de la aceleración del eje y 15 determina si la motocicleta 100 (carrocería del vehículo 101) está o no en un estado de desplazamiento hacia delante, y estima el componente de error  $ay\_ofsterr$  de la aceleración del eje y sobre la base del valor de detección  $ay\_sens$  de la aceleración del eje y  $ay$  en un estado en el que se determina que el vehículo está en un estado de desplazamiento hacia delante.

Más específicamente, en cada uno de los períodos de procesamiento aritmético, la porción de estimación del componente de error de la aceleración del eje y 15 obtiene el valor de detección  $V\_sens$  (valor actual) de la velocidad  $V$  del vehículo basado en una señal de detección del sensor de velocidad del vehículo 2, y el valor de detección  $\omega z\_sens$  (valor actual) de la velocidad angular del eje z  $\omega z$ , así como el valor de detección  $ay\_sens$  (valor actual) de la aceleración del eje y basados en las señales de detección de la unidad de sensor inercial 3.

Entonces, la porción de estimación del componente de error de la aceleración del eje y 15 determina si la motocicleta 100 está o no en un estado de desplazamiento hacia delante, sobre la base del valor actual de  $V\_sens$  (o de un valor de filtrado obtenido al eliminar un componente de ruido en el lado de alta frecuencia de  $V\_sens$  mediante el uso de un filtro de paso bajo) y del valor actual de  $\omega z\_sens$  (o de un valor de filtrado obtenido al eliminar un componente de ruido en el lado de alta frecuencia de  $\omega z\_sens$  mediante el uso de un filtro de paso bajo).

5 Específicamente, la porción de estimación del componente de error de la aceleración del eje y 15 determina que la motocicleta 100 está en un estado de desplazamiento hacia delante si se cumplen las siguientes condiciones:  $V_{sens}$  es una velocidad del vehículo no inferior a una velocidad predeterminada; y un producto de  $\omega z_{sens}$  equivalente a la aceleración en la dirección del eje y debida a la fuerza centrífuga y  $V_{sens}$  ( $=\omega z_{sens} \cdot V_{sens}$ ) no es mayor que un valor predeterminado.

10 Por otro lado, si no se cumplen las condiciones, la porción de estimación del componente de error de la aceleración del eje y 15 determina que la motocicleta 100 no está en un estado de desplazamiento hacia delante.

15 Por lo tanto, el procesamiento para determinar si la motocicleta está o no en un estado de desplazamiento hacia delante implementa medios de determinación de desplazamiento hacia delante de la presente invención.

15 Aquí, la velocidad predeterminada relativa  $V_{sens}$  mencionada anteriormente es una velocidad del vehículo ligeramente superior a cero. Además, el valor predeterminado relativo  $\omega z_{sens} \cdot V_{sens}$  mencionado anteriormente también es ligeramente mayor que cero. En consecuencia, se determina que la motocicleta 100 está en un estado de desplazamiento hacia delante cuando la velocidad  $V$  del vehículo no es cero o una velocidad del vehículo cercana a cero, y cuando la fuerza centrífuga puede considerarse suficientemente pequeña.

20 Por otra parte, se determina que la motocicleta 100 no está en un estado de desplazamiento hacia delante cuando la motocicleta está parada o en un estado similar, o en el curso de un movimiento de giro.

25 Entonces, cuando se determina que la motocicleta 100 está en un estado de desplazamiento hacia delante, la porción de estimación del componente de error de la aceleración del eje y 15 filtra el valor de detección  $ay_{sens}$  de la aceleración del eje y  $ay$  con un filtro de paso bajo para extraer el componente de corriente continua del valor de detección  $ay_{sens}$  como el componente de error  $ay_{ofsterr}$  de la aceleración del eje y.

30 En consecuencia, cuando se determina que la motocicleta 100 está en un estado de desplazamiento hacia delante, un valor de salida del filtro de paso bajo que recibe la entrada de  $ay_{sens}$  se obtiene como un valor estimado del componente de error  $ay_{ofsterr}$  de la aceleración del eje y en cada uno de los períodos de procesamiento aritmético. Entonces, este valor estimado se usa en el procesamiento aritmético de la porción de cálculo del valor de corrección 12.

35 Cuando el estado en el que se determina que la motocicleta 100 está en el estado de desplazamiento hacia delante se cambia a un estado en el que se determina que la motocicleta no está en el estado de desplazamiento hacia delante, un valor estimado del componente de error  $ay_{ofsterr}$  de la aceleración del eje y y la cantidad de estado interno del filtro se retienen hasta que se vuelve a determinar que la motocicleta está en un estado de desplazamiento hacia delante. Entonces, cuando se determina que la motocicleta 100 no está en el estado de desplazamiento hacia delante, la porción de estimación del componente de error de la aceleración del eje y 15 proporciona el valor estimado retenido de  $ay_{ofsterr}$  a la porción de cálculo del valor de corrección 12.

El procesamiento de la porción de estimación del componente de error de la aceleración del eje y 15 se realiza como se ha descrito anteriormente.

45 A continuación, se describirá el procesamiento de la porción de estimación del componente de error de la aceleración del eje x 16. Cuando un componente de error de estado estacionario (componente de error  $ax_{ofsterr}$  de la aceleración del eje x) está incluido en el valor de detección  $ax_{sens}$  de la aceleración del eje x basado en una señal de detección de la unidad de sensor inercial 3, el componente de error de estado estacionario afecta a un valor estimado del ángulo de cabeceo  $\theta$ , como se puede entender de la ecuación (4a) mencionada anteriormente.

50 Además, cuando se produce un error inducido por el componente de error de estado estacionario en un valor estimado del ángulo de cabeceo  $\theta$ , un valor estimado de la velocidad del ángulo de balanceo  $\dot{\phi}$  se ve afectado a excepción de un caso en el que la velocidad angular del eje z  $\omega z$  es cero, como se puede entender de la ecuación (3a) mencionada anteriormente.

55 Por tanto, el error en el valor de detección  $ax_{sens}$  de la aceleración del eje x  $ax$  afecta a un valor estimado de la velocidad del ángulo de balanceo  $\dot{\phi}$  (por lo tanto, a un valor estimado del ángulo de balanceo  $\phi$ ), excepto en el caso en que la velocidad angular del eje z  $\omega z$  es cero, es decir, durante el giro de la motocicleta 100 (durante un movimiento de giro de la carrocería del vehículo 101). Un valor mayor de  $\omega z$  causa una mayor influencia.

60 Por lo tanto, la aceleración del eje y  $ay$  que se produce principalmente durante el giro de la motocicleta 100 está enfocada. La siguiente ecuación (10) se puede obtener de la ecuación (6a), que es una aproximación de la ecuación (2) con respecto a  $ay$ .

$$ay - \cos\varphi \cdot Ay = \text{sen } \varphi \cdot \cos\theta \cdot g \quad \dots (10)$$

5 Cuando el ángulo de balanceo  $\varphi$  es relativamente pequeño, aunque es menos probable que  $\cos\varphi$  en el lado izquierdo de la ecuación (10) se vea afectado por el error en el valor de  $\varphi$ , es probable que  $\text{sen } \varphi$  en el lado derecho se vea afectado por el error en el valor de  $\varphi$ . Además, la aceleración del eje y ay es básicamente la aceleración que se produce durante el giro de la motocicleta 100.

10 En consecuencia, cuando se produce un error en un valor estimado del ángulo de balanceo  $\varphi$  por la influencia del componente de error de estado estacionario (componente de error  $ax\_ofsterr$  de la aceleración del eje x) incluido en el valor de detección  $ax\_sens$  de la aceleración del eje x ax, se considera que se produce una diferencia relativamente prominente en el valor en el lado derecho y en el lado izquierdo de la ecuación (10) en un estado en el que el ángulo de balanceo  $\varphi$  es relativamente pequeño, inmediatamente después del inicio del giro de la motocicleta 100.

15 Además, cuando se enfoca la tasa de variación temporal (valor diferencial) en el lado derecho y en el lado izquierdo de la ecuación (10), es menos probable que la tasa de variación temporal se vea afectada por el componente de error  $ay\_ofsterr$  de la aceleración del eje y y similares.

20 Por lo tanto, en la realización, la porción de estimación del componente de error de la aceleración del eje x 16 obtiene la desviación entre la tasa de variación temporal  $(\text{sen}\varphi \cdot \cos\theta \cdot g)\_dot$  en el lado derecho de la ecuación (10) y la tasa de variación temporal  $(ay - \cos\varphi \cdot Ay)\_dot$  en el lado izquierdo de la misma, es decir,  $ofsterr$  expresado por la siguiente ecuación (11), como un valor de índice básico para estimar el componente de error  $ax\_ofsterr$  de la aceleración del eje x.

$$ofsterr = (\text{sen } \varphi \cdot \cos\theta \cdot g)\_dot - (ay - \cos\varphi \cdot Ay)\_dot \quad \dots (11)$$

25 Aquí,  $(\text{sen}\varphi \cdot \cos\theta \cdot g)\_dot$  en el lado derecho de la ecuación (11) se puede aproximar mediante la siguiente ecuación (12).

$$(\text{sen } \varphi \cdot \cos\theta \cdot g)\_dot \approx \varphi\dot{\cdot} \cdot \cos\varphi \cdot \cos\theta \cdot g \quad \dots (12)$$

30 Además,  $(ay - \cos\varphi \cdot Ay)\_dot$  en el lado derecho de la ecuación (11) es sustancialmente equivalente a un pseudovalor diferencial de un valor obtenido restando aproximadamente un valor estimado de  $\cos\varphi \cdot Ay$  del valor de detección  $ay\_sens$  de ay (valor obtenido al filtrar el valor diferencial de  $(ay\_sens - \cos\varphi \cdot Ay)$  con un filtro de paso bajo).

35 En consecuencia, el valor de índice básico  $ofsterr$  puede calcularse a partir de valores estimados de  $\varphi\dot{\cdot}$ ,  $\varphi$ , y  $\theta$  y el pseudovalor diferencial de  $(ay\_sens - \cos\varphi \cdot Ay)$ .

40 En este caso, dado que  $Ay = (1/\cos\theta) \cdot \omega z \cdot V$  puede obtenerse de las ecuaciones (7) y (8a) mencionadas anteriormente, el valor de  $(ay\_sens - \cos\varphi \cdot Ay)$  puede calcularse a partir del valor de detección  $ay\_sens$  de ay, de un valor estimado  $\varphi\_pre$  de  $\varphi$ , de un valor estimado  $\theta\_pre$  de  $\theta$ , del valor de detección  $\omega z\_sens$  de  $\omega z$ , y del valor de detección  $V\_sens$  de V.

45 Entonces, la porción de estimación del componente de error de la aceleración del eje x 16 calcula el componente de error  $ax\_ofsterr$  de la aceleración del eje x realizando una operación de integración de la siguiente ecuación (13) durante un período de tiempo predeterminado inmediatamente después del inicio de un movimiento de giro de la motocicleta 100 (movimiento de giro de la carrocería del vehículo 101), usando valores del valor de índice básico  $ofsterr$  y la velocidad angular del eje z  $\omega z$ .

$$ax\_ofsterr = k3 \cdot \left( \int (ofsterr \cdot \omega z \cdot C) dt \right) \quad \dots (13)$$

50  $k3$  en la ecuación (13) anterior es una ganancia de un valor predeterminado, y C es un coeficiente establecido de acuerdo con el valor de la velocidad angular del eje z  $\omega z$  y su tasa de variación temporal. En este caso, un componente variable (componente del cual se elimina el componente de baja frecuencia) de  $ofsterr$  de acuerdo con el movimiento de giro de la carrocería del vehículo 101 se usa como el valor de  $ofsterr$  en la operación de integración de la ecuación (13). Del mismo modo, un componente variable (componente del cual se elimina el componente de baja frecuencia) del valor de detección  $\omega z\_sens$  de  $\omega z$  de acuerdo con el movimiento de giro de la carrocería del vehículo 101 se usa como el valor de  $\omega z$ . Téngase en cuenta que  $(ofsterr \cdot \omega z)$  en la ecuación (13) es un valor del índice de error de la presente invención.

Más específicamente, la porción de estimación del componente de error de la aceleración del eje x 16 calcula el componente de error  $ax\_ofsterr$  de la aceleración del eje x realizando el procesamiento mostrado en el diagrama de bloques de la figura 5.

5 En cada uno de los períodos de procesamiento aritmético, la porción de estimación del componente de error de la aceleración del eje x 16 obtiene el valor de detección  $\omega z\_sens$  (valor actual) de la velocidad angular del eje z  $\omega z$ , así como el valor de detección  $ay\_sens$  (valor actual) de la aceleración del eje y  $ay$  basado en las señales de detección de la unidad de sensor inercial 3, un valor estimado (valor anterior  $\phi dot\_pre$ ) de la velocidad del ángulo de balanceo  $\phi dot$  estimado por la porción de estimación de la velocidad del ángulo de balanceo 11, un valor estimado (valor anterior  $\phi\_pre$ ) del ángulo de balanceo  $\phi$  calculado por la porción de cálculo del valor estimado del ángulo de balanceo 14, y un valor estimado (valor anterior  $\theta\_pre$ ) del ángulo de cabeceo  $\theta$  estimado por la porción de estimación del ángulo de cabeceo 13.

15 Entonces, la porción de estimación del componente de error de la aceleración del eje x 16 realiza el procesamiento en una porción de operación 16a para calcular el producto de un valor de la función coseno de  $\theta\_pre$ , de un valor de la función coseno de  $\phi\_pre$ ,  $\phi dot\_pre$  y la gravedad normal  $g$ . Este procesamiento es equivalente al procesamiento de calcular el primer término de la ecuación (11) mediante la aproximación (12). Por lo tanto, el procesamiento es, en otras palabras, un procesamiento para calcular la tasa de variación temporal de la aceleración del eje y estimada a partir de un valor estimado (valor anterior  $\phi dot\_pre$ ) de la velocidad del ángulo de balanceo  $\phi dot$ , un valor estimado (valor anterior  $\theta\_pre$ ) del ángulo de cabeceo  $\theta$ , y un valor estimado (valor anterior  $\phi\_pre$ ) del ángulo de balanceo  $\phi$ , que se calcularon en el período de procesamiento aritmético anterior  $(=\sin\phi\cdot\cos\theta\cdot g)_{dot}$ .

25 Además, la porción de estimación del componente de error de la aceleración del eje x 16 realiza el procesamiento en una porción de operación diferencial 16b para calcular la tasa de variación temporal (valor diferencial) del valor de detección  $ay\_sens$  de la aceleración del eje y  $ay$ , un valor estimado (valor anterior  $\phi\_pre$ ) del ángulo de balanceo  $\phi$ , y el valor de  $(ay\_sens-\cos\phi\cdot Ay)$ , y luego filtra la tasa de variación temporal calculada con un filtro de paso bajo 16c, para así calcular el pseudovalor diferencial de  $ay\_sens$ . Este procesamiento es equivalente al procesamiento para calcular el segundo término en el lado derecho de la ecuación (11).

30 En este caso, el valor de  $(ay\_sens-\cos\phi\cdot Ay)$  en cada uno de los períodos de procesamiento aritmético se calcula mediante una expresión relacional  $Ay=(1/\cos\theta)\cdot\omega z\cdot V$  usando el valor de detección  $ay\_sens$  de la aceleración del eje y  $ay$ , un valor estimado (valor anterior  $\phi\_pre$ ) del ángulo de balanceo  $\phi$ , un valor estimado (valor anterior  $\theta\_pre$ ) del ángulo de cabeceo  $\theta$ , el valor de detección  $\omega z\_sens$  de la velocidad angular del eje z  $\omega z$ , y el valor de detección  $V\_sens$  de la velocidad  $V$  del vehículo.

40 Entonces, la porción de estimación del componente de error de la aceleración del eje x 16 realiza el procesamiento en una porción de operación 16d para calcular la desviación entre un valor de salida de la porción de operación 16a y un valor de salida del filtro 16c. Por lo tanto, se obtiene el valor de índice básico  $ofsterr$ .

45 Además, la porción de estimación del componente de error de la aceleración del eje x 16 elimina un componente de frecuencia resultante de la vibración del motor de la motocicleta 100, por ejemplo, del valor de índice básico  $ofsterr$  mediante el uso de un filtro de paso bajo 16e, y luego extrae un componente variable (componente variable del cual se elimina un componente de estado estacionario que no sea superior a una frecuencia predeterminada) de  $ofsterr$  mediante el uso de un filtro de paso alto 16f. Un valor de salida del filtro 16f es equivalente a un componente variable de  $ofsterr$  generado de acuerdo con el movimiento de giro de la motocicleta 100 (de la carrocería del vehículo 101).

50 Asimismo, la porción de estimación del componente de error de la aceleración del eje x 16 elimina el componente de frecuencia resultante de la vibración del motor de la motocicleta 100, por ejemplo, de  $\omega z\_sens$  mediante el uso de un filtro de paso bajo 16g, y luego extrae un componente variable (componente variable del cual se elimina un componente de estado estacionario que no sea superior a una frecuencia predeterminada) de  $\omega z\_sens$  mediante el uso de un filtro de paso alto 16h. Un valor de salida del filtro 16h es equivalente a un componente variable de  $\omega z\_sens$  generado de acuerdo con el movimiento de giro de la motocicleta 100 (de la carrocería del vehículo 101).

55 Posteriormente, la porción de estimación del componente de error de la aceleración del eje x 16 realiza el procesamiento en una porción de operación aritmética 16i para calcular un valor obtenido multiplicando el valor de salida del filtro 16f por el valor de salida del filtro 16h y por el coeficiente  $C$ . Por lo tanto, se obtiene el valor de  $(ofsterr\cdot\omega z\cdot C)$  para realizar la integración de la ecuación (13).

60 En este caso, el coeficiente  $C$  en la realización está determinado por la siguiente ecuación (14a) o (14b), dependiendo de si el valor de un producto de  $\omega z\_sens$  y de su aceleración angular  $\omega z dot$ , que es la tasa de variación temporal del mismo,  $(=\omega z\_sens\cdot\omega z dot)$  es igual a cero o no es menor que un valor predeterminado  $\epsilon$  establecido previamente en un valor positivo ligeramente mayor que cero. Téngase en cuenta que  $\omega z dot$  se calcula como un valor obtenido dividiendo una diferencia entre los valores actual y anterior de  $\omega z\_sens$  entre un intervalo de tiempo  $\Delta t$  del período de procesamiento aritmético en cada uno de los períodos de procesamiento aritmético, o como un valor de filtrado obtenido al filtrar este valor con un filtro de paso bajo.

$$\text{Si } \omega z_{sens} \cdot \omega zdot \geq \epsilon, \\ C=1 \quad \dots (14a)$$

$$\text{Si } \omega z_{sens} \cdot \omega zdot < \epsilon, \\ C=0 \quad \dots (14b)$$

5 Aquí, cuando se realiza un movimiento de giro de la motocicleta 100 (movimiento de giro de la carrocería del vehículo 101),  $\omega z_{sens}$  varía como se ejemplifica en la figura 6(a), por ejemplo. En este momento, como se ejemplifica en la figura 6(b), la polaridad de  $\omega zdot$  es la misma que la de  $\omega z_{sens}$  en el período inicial inmediatamente después del inicio del movimiento de giro de la carrocería del vehículo 101, y la polaridad se invierte de la de  $\omega z_{sens}$  en el período final del movimiento de giro.

10 Por consiguiente, como se ejemplifica en la figura 6(c), el valor del producto de  $\omega z_{sens}$  y  $\omega zdot$  es positivo en el período inicial inmediatamente después del inicio del movimiento de giro de la carrocería del vehículo 101.

15 Por lo tanto, al determinar el coeficiente C con la ecuación (14a) o (14b) como se ha mencionado anteriormente, el coeficiente C se establece en 1 cuando se considera que un estado es inmediatamente después del inicio de un movimiento de giro de la carrocería del vehículo 101 (estado en el que  $\omega z_{sens} \cdot \omega zdot \geq \epsilon$ ), y el coeficiente C se establece en cero en otros estados, como se muestra en la figura 6(d).

20 En consecuencia, el valor de salida de la porción de operación aritmética 16i siempre es cero independientemente de los valores de salida de los filtros 16f, 16h, en estados distintos del estado considerado inmediatamente después del inicio de un movimiento de giro de la carrocería del vehículo 101.

25 Posteriormente, la porción de estimación del componente de error de la aceleración del eje x 16 realiza el procesamiento en una porción de operación de integración 16j para integrar (o acumular) el valor de salida de la porción de operación aritmética 16i, y para multiplicar el valor integrado por un valor de ganancia k3. Este procesamiento es el procesamiento aritmético en el lado derecho de la ecuación (13). Por lo tanto, se obtiene el componente de error  $ax\_ofsterr$  de la aceleración del eje x.

30 En este caso, dado que el coeficiente C se establece como se ha descrito anteriormente, el procesamiento de integración de la porción de operación de integración 16j se realiza prácticamente en el período en el que  $\omega z_{sens} \cdot \omega zdot \geq \epsilon$ , es decir, solo en el período que puede considerarse inmediatamente después del inicio de un movimiento de giro de la carrocería del vehículo 101. Por lo tanto, el procesamiento de cálculo y renovación del componente de error  $ax\_ofsterr$  de la aceleración del eje x se realiza prácticamente solo en el período en que puede considerarse inmediatamente después del inicio de un movimiento de giro de la carrocería del vehículo 101.

35 En el periodo en el que  $\omega z_{sens} \cdot \omega zdot < \epsilon$ , el valor del componente de error  $ax\_ofsterr$  de la aceleración del eje x se mantiene constante

40 El procesamiento de la porción de estimación del componente de error de la aceleración del eje x 16 se realiza como se ha descrito anteriormente. Es decir, si un valor estimado del componente de error  $ax\_ofsterr$  de la aceleración del eje x es igual al valor verdadero del componente de error  $ax\_ofsterr$  de la aceleración del eje x, el valor de índice básico  $ofsterr$  se considera cero. Por lo tanto, en este procesamiento, un valor estimado del componente de error  $ax\_ofsterr$  de la aceleración del eje x se altera gradualmente de modo que el valor de índice básico  $ofsterr$ , y, por lo tanto, un valor del índice de error ( $ofsterr \cdot \omega z$ ) se acerca a cero. Entonces, un valor estimado de  $ax\_ofsterr$  calculado en este procesamiento se usa en el procesamiento aritmético de la porción de estimación del ángulo de cabeceo 13.

45 Dicho sea de paso, en la realización, una porción de cálculo del valor del índice de error a la que se le asigna el número de referencia 16A en la figura 5 es un medio de cálculo del valor del índice de error de la presente invención. Además, la salida de la porción de operación aritmética 16i es un valor del índice de error de la presente invención.

50 Asimismo, los filtros 16e, 16f son los primeros medios de filtrado de la presente invención, y los filtros 16g, 16h son los segundos medios de filtrado de la presente invención. Además, el valor de salida del filtro 16f es un componente variable de desviación de la presente invención, y el valor de salida del filtro 16h es un componente variable de velocidad angular del eje z de la presente invención.

55 De acuerdo con la realización descrita anteriormente, la velocidad del ángulo de balanceo  $\phi$  y el ángulo de cabeceo  $\theta$  pueden estimarse con precisión en diversos estados de movimiento de la carrocería del vehículo 101, en la porción de estimación de la velocidad del ángulo de balanceo 11 y en la porción de estimación del ángulo de cabeceo 13, respectivamente.

5 Como en este caso la porción de estimación del ángulo de cabeceo 13 usa un valor estimado del componente de error  $a_{x\_ofsterr}$  de la aceleración del eje x para compensar la influencia del componente de error  $a_{x\_ofsterr}$  de la aceleración del eje x, se puede mejorar la precisión en la estimación del ángulo de cabeceo  $\theta$ . Por lo tanto, también se puede mejorar la precisión de la porción de estimación de la velocidad del ángulo de balanceo 11 al estimar la velocidad del ángulo de balanceo  $\dot{\varphi}$  también se puede mejorar.

10 Es más, en la porción de cálculo del valor de corrección 12, el valor de corrección  $\delta$  se calcula de tal manera que acerque lo máximo posible a cero la desviación entre un valor, que se obtiene eliminando el componente de error  $a_{y\_ofsterr}$  de la aceleración del eje y del valor de detección  $a_{y\_sens}$  de la aceleración del eje y, y un valor estimado  $a_{y\_estm}$  de la aceleración del eje y  $a_y$ , mediante una ley de control de retroalimentación (ley de control PI en esta realización).

15 Por lo tanto, un valor de corrección adecuado para reducir el error en un valor estimado del ángulo de balanceo  $\varphi$  en diversos estados de movimiento de la carrocería del vehículo 101 puede calcularse de manera estable.

Con lo cual, un valor estimado del ángulo de balanceo puede calcularse de manera precisa y estable de acuerdo con la realización.

20 A continuación, se describirán algunas realizaciones modificadas de la realización anterior.

25 En la realización mencionada anteriormente, la porción de cálculo del valor estimado del ángulo de balanceo 14 corrige un valor estimado de la velocidad del ángulo de balanceo  $\dot{\varphi}$  mediante el uso del valor de corrección  $\delta$ . Sin embargo, como se muestra en el diagrama de bloques de la figura 7, un valor obtenido integrando un valor estimado de la velocidad del ángulo de balanceo  $\dot{\varphi}$  puede corregirse con el valor de corrección  $\delta$ . Incluso en este caso, el valor de corrección  $\delta$  se calcula de tal manera que acerque lo máximo posible a cero la desviación entre un valor, que se obtiene eliminando el componente de error  $a_{y\_ofsterr}$  de la aceleración del eje y del valor de detección  $a_{y\_sens}$  de la aceleración del eje y  $a_y$ , y un valor estimado  $a_{y\_estm}$  de la aceleración del eje y  $a_y$ . Por lo tanto, en consecuencia, se puede calcular un valor estimado de  $\varphi$  para reducir el error en este valor estimado.

30 Además, en el procesamiento de la porción de estimación de la velocidad del ángulo de balanceo 11, la porción de cálculo del valor de corrección 12, la porción de estimación del ángulo de cabeceo 13, la porción de estimación del componente de error de la aceleración del eje y 15, y la porción de estimación del componente de error de la aceleración del eje x 16, el valor del resultado de la operación aritmética se puede obtener mediante el uso de datos de mapas creados de antemano, en lugar de realizar realmente la suma, la resta, la multiplicación y división o el cálculo de las funciones. Por ejemplo, en el procesamiento de la porción de estimación de la velocidad del ángulo de balanceo 11, el segundo término en el lado derecho de la ecuación (3a) puede obtenerse mediante datos de mapas de los valores  $\varphi$ ,  $\theta$  y  $\omega_z$ .

40 Asimismo, aunque en la realización el punto de aceleración de referencia de detección se establece en el punto de contacto con el suelo de la rueda trasera, puede establecerse en un punto diferente. Téngase en cuenta, sin embargo, que en tal caso, el sistema de coordenadas debe convertirse apropiadamente.

45 También, aunque en la realización la estimación del componente de error se realiza en el sistema de coordenadas local, puede realizarse en el sistema de coordenadas global.

50 Además, aunque en la realización el caso de estimar el ángulo de balanceo de la carrocería del vehículo 101 de la motocicleta 100 se usa como un ejemplo en la descripción, la carrocería del vehículo a la que se aplica la presente invención puede ser la de un vehículo que se desplaza distinto de la motocicleta 100 (por ejemplo, un automóvil de cuatro ruedas o una bicicleta).

55 Asimismo, el procesamiento aritmético de la realización puede someterse a una transformación equivalente mediante el uso de un punto de referencia de detección diferente al de la realización, o a un sistema de coordenadas diferente al de la realización. Tal procesamiento que puede someterse a una transformación equivalente puede considerarse sustancialmente igual que la presente realización.

60 Además, el proceso de operaciones aritméticas de la realización puede cambiarse sin cambiar los resultados de las operaciones aritméticas. Tales realizaciones con procesos de operación aritmética modificados también pueden considerarse como sustancialmente equivalentes a la presente realización.

Es más, se puede detectar la aceleración en la dirección del eje z, y el valor de detección puede usarse para mejorar la precisión en los valores estimados.

**Descripción de los números de referencia**

1 ... dispositivo de estimación del ángulo de balanceo, 2 ... sensor de velocidad del vehículo (medio de detección de la velocidad del vehículo), 3 ... unidad de sensor inercial (medio de detección de la aceleración y de la velocidad angular), 4x, 4y ... sensor de aceleración, 5x, 5y ... sensor de velocidad angular, 11 ... porción de estimación de la velocidad del ángulo de balanceo (medio de estimación de la velocidad del ángulo de balanceo), 12 ... porción de cálculo del valor de corrección (medio de cálculo del valor de corrección), 13 ... porción de estimación del ángulo de cabeceo (medio de estimación del ángulo de cabeceo), 14 ... porción de cálculo del valor estimado del ángulo de balanceo (medio de cálculo del valor estimado del ángulo de balanceo), 15 ... porción de estimación del componente de error de la aceleración del eje y (medio de estimación del componente de error de la aceleración del eje y, medio de determinación del desplazamiento hacia delante) , 16 ... porción de estimación del componente de error de la aceleración del eje x (medio de estimación del componente de error de la aceleración del eje x), 16A ... porción de cálculo del valor del índice de error (medio de cálculo del valor del índice de error), 16e, 16f ... filtro (primero medios de filtrado), 16 g, 16 h ... filtro (segundos medios de filtrado).

## REIVINDICACIONES

1. Un dispositivo para estimar sucesivamente el ángulo de balanceo de la carrocería de un vehículo, que comprende:

5 medios de detección de la aceleración y de la velocidad angular (3) que incluyen un sensor de aceleración y un sensor de velocidad angular montados en dicha carrocería del vehículo, y cuando un eje que se extiende en la dirección delantera-trasera de la carrocería del vehículo, un eje que se extiende en la dirección de la anchura del vehículo de la carrocería del vehículo y un eje que se extiende en la dirección hacia arriba-hacia abajo de la carrocería del vehículo están definidos respectivamente como un eje x, un eje y y un eje z de un sistema de coordenadas local fijado a la carrocería del vehículo, están configurados para ser capaces de detectar la aceleración del eje x que es la aceleración en la dirección del eje x, la aceleración del eje y que es la aceleración en la dirección del eje y, la velocidad angular del eje x que es la velocidad angular alrededor del eje x y la velocidad angular del eje z que es la velocidad angular alrededor del eje z;

10 medios de detección de la velocidad del vehículo (2) configurados para detectar la velocidad de dicha carrocería del vehículo en la dirección de desplazamiento;

medios de estimación del ángulo de cabeceo (13) configurados para estimar sucesivamente un ángulo de cabeceo de dicha carrocería del vehículo, y para calcular un valor estimado del ángulo de cabeceo actual mediante el uso de un valor de detección de la velocidad en la dirección de desplazamiento detectado por dichos medios de detección de la velocidad del vehículo, un valor de detección de la aceleración del eje x detectado por dichos medios de detección de la aceleración y de la velocidad angular, y un valor estimado anterior de dicho ángulo de cabeceo;

20 medios de estimación de la velocidad del ángulo de balanceo (11) configurados para estimar sucesivamente la velocidad del ángulo de balanceo de dicha carrocería del vehículo, y para calcular un valor estimado de la velocidad del ángulo de balanceo actual mediante el uso de valores de detección de la velocidad angular del eje x y de la velocidad angular del eje z detectados por dichos medios de detección de la aceleración y de la velocidad angular, un valor estimado anterior de dicho ángulo de balanceo y un valor estimado anterior del ángulo de cabeceo estimado por dichos medios de estimación del ángulo de cabeceo;

25 medios de cálculo del valor de corrección (12) configurados para calcular sucesivamente un valor de corrección para estimar el ángulo de balanceo de dicha carrocería del vehículo, y para calcular dicho valor de corrección mediante el uso de un valor de detección de la velocidad en la dirección de desplazamiento detectado por dichos medios de detección de la velocidad del vehículo, de los valores de detección de la velocidad angular del eje z y de la aceleración del eje y detectados por dichos medios de detección de la aceleración y de la velocidad angular, de un valor estimado anterior de dicho ángulo de balanceo y de un valor estimado anterior del ángulo de cabeceo estimado por dichos medios de estimación del ángulo de cabeceo; y

30 medios de cálculo del valor estimado del ángulo de balanceo (14) configurados para calcular un valor estimado del ángulo de balanceo actual de dicha carrocería del vehículo integrando un valor obtenido al corregir un valor estimado de la velocidad del ángulo de balanceo estimado por dichos medios de estimación de la velocidad del ángulo de balanceo mediante el uso de un valor calculado del valor de corrección calculado por dichos medios de cálculo del valor de corrección, o corrigiendo un valor obtenido integrando un valor estimado de dicha velocidad del ángulo de balanceo estimado por dichos medios de estimación de la velocidad del ángulo de balanceo mediante el uso de un valor calculado del valor de corrección calculado por dichos medios de cálculo del valor de corrección.

45 2. El dispositivo de estimación del ángulo de balanceo de acuerdo con la reivindicación 1, en el que dichos medios de cálculo del valor de corrección (12) están configurados para calcular un valor estimado de dicha aceleración del eje y mediante el uso de un valor de detección de la velocidad en la dirección de desplazamiento detectado por dichos medios de detección de la velocidad del vehículo, de un valor de detección de la velocidad angular del eje z detectado por dichos medios de detección de la aceleración y de la velocidad angular, de un valor estimado anterior de dicho ángulo de balanceo, y de un valor estimado anterior del ángulo de cabeceo estimado por dichos medios de estimación del ángulo de cabeceo, y para calcular posteriormente dicho valor de corrección de acuerdo con una desviación entre un valor de detección de la aceleración del eje y detectado por dichos medios de detección de la aceleración y de la velocidad angular y el valor estimado de dicha aceleración del eje y, de tal manera que la desviación se acerque a cero mediante una ley de control de retroalimentación.

55 3. El dispositivo de estimación del ángulo de balanceo de acuerdo con una cualquiera de las reivindicaciones 1 y 2, que comprende además medios de estimación del componente de error de la aceleración del eje x (16) configurados para estimar un componente de error de la aceleración del eje x que es un componente de error de estado estacionario incluido en un valor de detección de la aceleración del eje x detectado por dichos medios de detección de la aceleración y de la velocidad angular, en donde:

60 dichos medios de estimación del ángulo de cabeceo están configurados para incluir, como parte del procesamiento realizado para calcular un valor estimado de dicho ángulo de cabeceo, el procesamiento para eliminar un valor estimado del componente de error de la aceleración del eje x estimado por dichos medios de estimación del componente de error de la aceleración del eje x a partir de un valor de detección de la aceleración del eje x detectado por dichos medios de detección de la aceleración y de la velocidad angular; y

dichos medios de estimación del componente de error de la aceleración del eje x (16)

incluyen medios de cálculo del valor del índice de error para calcular un valor del índice de error, que varía de acuerdo con dicho componente de error de la aceleración del eje x en el momento de un movimiento de giro de dicha carrocería del vehículo, mediante el uso de un valor estimado anterior de la velocidad del ángulo de balanceo estimado por dichos medios de estimación de la velocidad del ángulo de balanceo, de un valor estimado anterior del ángulo de cabeceo estimado por dichos medios de estimación del ángulo de cabeceo, de un valor estimado anterior del ángulo de balanceo calculado por dichos medios de cálculo del valor estimado del ángulo de balanceo, de los valores de detección de la aceleración del eje y y de la velocidad angular del eje z detectados por dichos medios de detección de la aceleración y de la velocidad angular, y de un valor de detección de la velocidad en la dirección de desplazamiento detectado por dichos medios de detección de la velocidad del vehículo, y

están configurados para determinar un valor estimado de dicho componente de error de la aceleración del eje x de tal manera que el valor del índice de error calculado por los medios de cálculo del valor del índice de error se acerque a cero, durante un período de tiempo predeterminado inmediatamente después del inicio de un movimiento de giro de dicha carrocería del vehículo.

4. El dispositivo de estimación del ángulo de balanceo de acuerdo con la reivindicación 3, en el que dichos medios de estimación del componente de error de la aceleración del eje x (16) están configurados para calcular, como un valor estimado de dicho componente de error de la aceleración del eje x, un valor obtenido integrando dicho valor del índice de error durante un período de tiempo predeterminado inmediatamente después del inicio de un movimiento de giro de dicha carrocería del vehículo.

5. El dispositivo de estimación del ángulo de balanceo de acuerdo con una cualquiera de las reivindicaciones 3 y 4, en el que

dichos medios de cálculo del valor del índice de error (16) incluyen

primeros medios de filtrado para extraer un componente variable de desviación, que es un componente que varía de acuerdo con un movimiento de giro de dicha carrocería del vehículo, a partir de una desviación entre la tasa de tiempo de variación temporal de la aceleración del eje y calculada a partir de un valor estimado anterior de la velocidad del ángulo de balanceo estimado por dichos medios de estimación de la velocidad del ángulo de balanceo, de un valor estimado anterior del ángulo de cabeceo estimado por dichos medios de estimación del ángulo de cabeceo y de un valor estimado anterior del ángulo de balanceo calculado por dichos medios de cálculo del valor estimado del ángulo de balanceo, y la tasa de variación temporal de la aceleración del eje y calculada a partir de los valores de detección de dicha aceleración del eje y y de la aceleración angular del eje z detectados por dichos medios de detección de la aceleración y de la velocidad angular, de un valor estimado anterior de la velocidad del ángulo de balanceo estimado por dichos medios de estimación de la velocidad del ángulo de balanceo, de un valor estimado anterior del ángulo de cabeceo estimado por dichos medios de estimación del ángulo de cabeceo, y de un valor de detección de la velocidad en el dirección de desplazamiento detectado por dichos medios de detección de la velocidad del vehículo, así como

segundos medios de filtrado para extraer un componente variable de velocidad angular del eje z, que es un componente que varía de acuerdo con un movimiento de giro de dicho vehículo, a partir de un valor de detección de la velocidad angular del eje z detectado por dichos medios de detección de la aceleración y de la velocidad angular, y

están configurados para calcular, como dicho valor del índice de error, un valor obtenido multiplicando el componente variable de desviación, extraído por dichos primeros medios de filtrado, por el componente variable de velocidad angular del eje z, extraído por dichos segundos medios de filtrado.

6. El dispositivo de estimación del ángulo de balanceo de acuerdo con una cualquiera de las reivindicaciones 3 a 5, en el que

un período de tiempo predeterminado inmediatamente después del inicio de un movimiento de giro de dicha carrocería del vehículo es un período de tiempo en el que un producto de un valor de detección de la velocidad angular del eje z detectado por dichos medios de detección de la aceleración y de la velocidad angular y la tasa de variación temporal del valor de detección es un valor positivo no menor que un valor predeterminado.

7. El dispositivo de estimación del ángulo de balanceo de acuerdo con una cualquiera de las reivindicaciones 1 a 6, que comprende además medios de estimación del componente de error de la aceleración del eje y configurados para estimar un componente de error de la aceleración del eje y, que es un componente de error de estado estacionario incluido en un valor de detección de la aceleración del eje y detectado por dichos medios de detección de la aceleración y de la velocidad angular, en donde:

dichos medios de cálculo del valor de corrección están configurados para incluir, como parte del procesamiento realizado para calcular dicho valor de corrección, el procesamiento para eliminar un valor estimado del componente de error de la aceleración del eje y estimado por dichos medios de estimación del componente de error de la aceleración del eje y a partir de un valor de detección de la aceleración del eje y detectado por dichos medios de detección de la aceleración y de la velocidad angular; y

- 5 dichos medios de estimación del componente de error de la aceleración del eje y incluyen medios de determinación de desplazamiento hacia delante para determinar si dicha carrocería del vehículo está o no en un estado de desplazamiento hacia delante, y están configurados para obtener un valor estimado de dicho componente de error de la aceleración del eje y sobre la base de un valor de detección de la aceleración del eje y detectado por dichos medios de detección de la aceleración y de la velocidad angular, en un estado en el que los medios de determinación de desplazamiento hacia delante determinan que la carrocería del vehículo está en un estado de desplazamiento hacia delante
- 10 8. El dispositivo de estimación del ángulo de balanceo de acuerdo con la reivindicación 7, en el que dichos medios de determinación de desplazamiento hacia delante están configurados para determinar que dicha carrocería del vehículo está en un estado de desplazamiento hacia delante cuando se cumplen las siguientes condiciones: un valor de detección de la velocidad en la dirección de desplazamiento detectado por dichos medios de detección de la velocidad del vehículo no es inferior a una velocidad predeterminada ; y un producto de un valor de detección de la velocidad angular del eje z detectado por dichos medios de detección de la aceleración y de la
- 15 velocidad angular y de un valor de detección de la velocidad en la dirección de desplazamiento detectado por dichos medios de detección de la velocidad del vehículo no es mayor que un valor predeterminado.

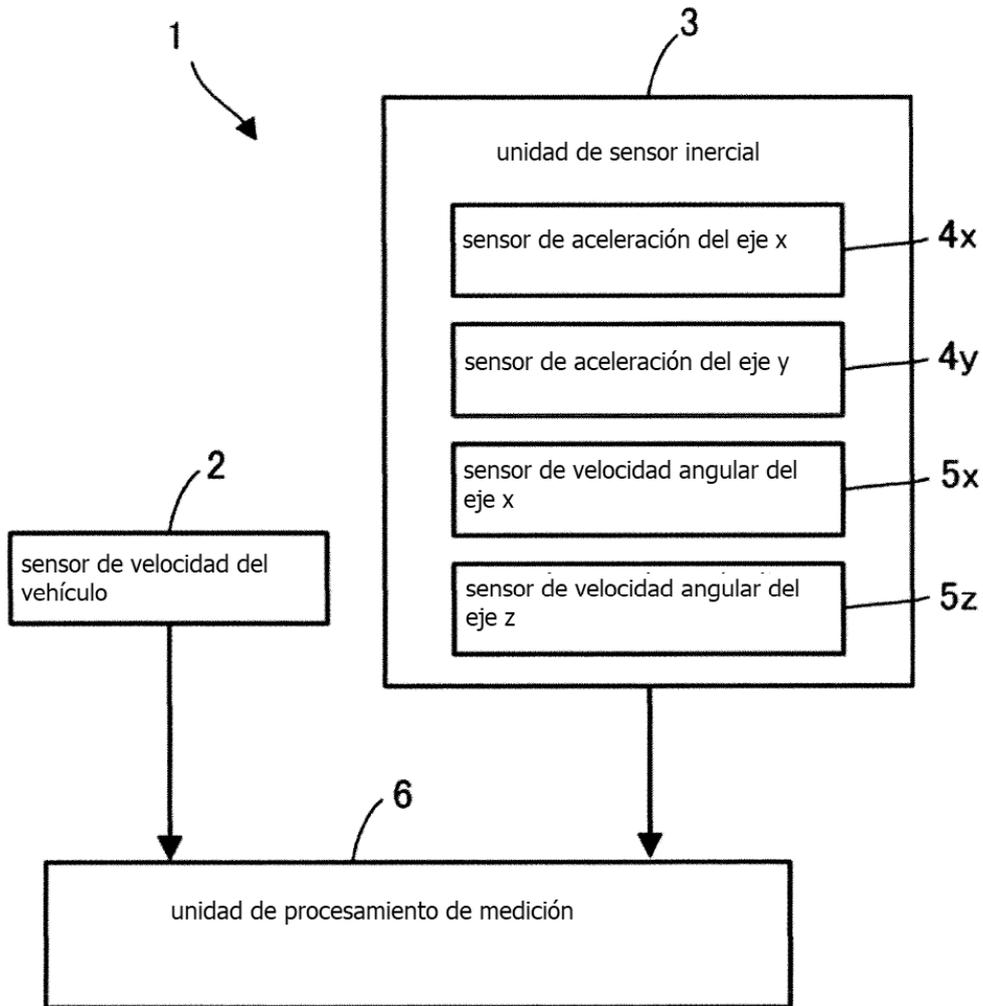
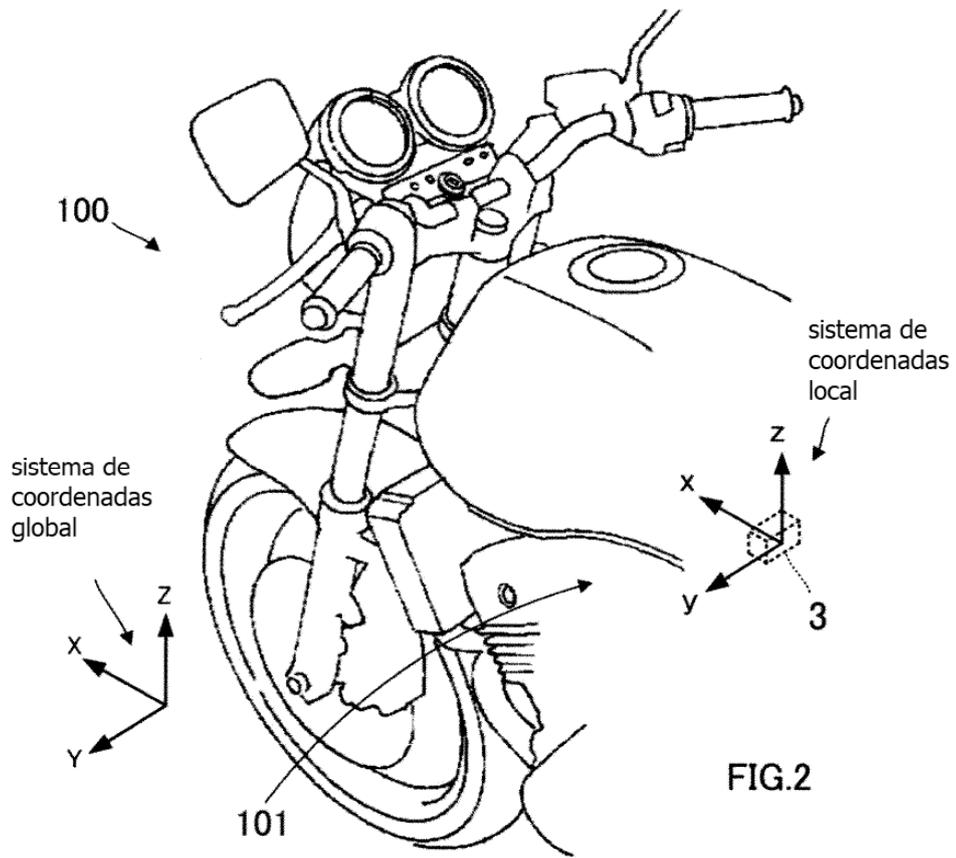


FIG.1



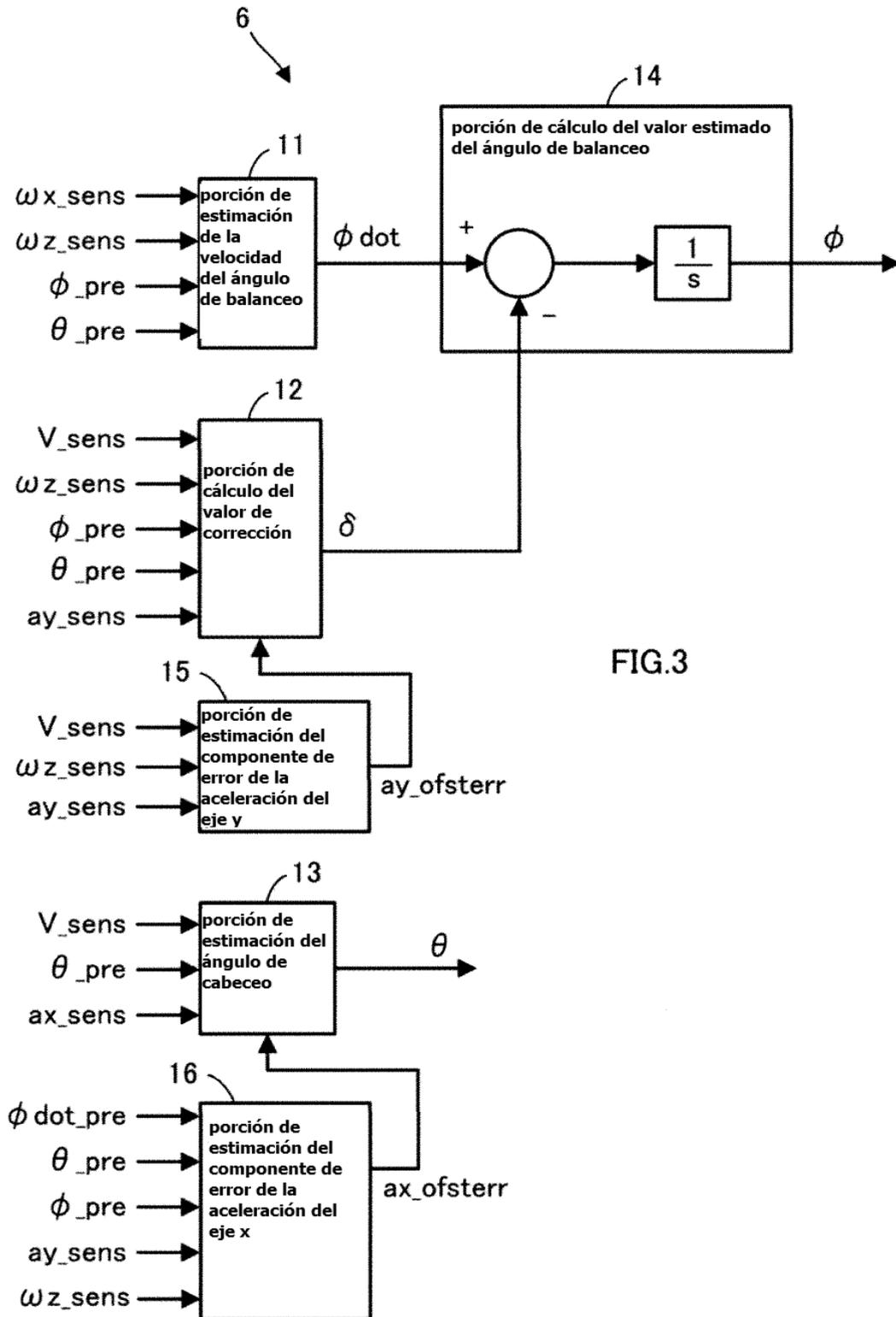
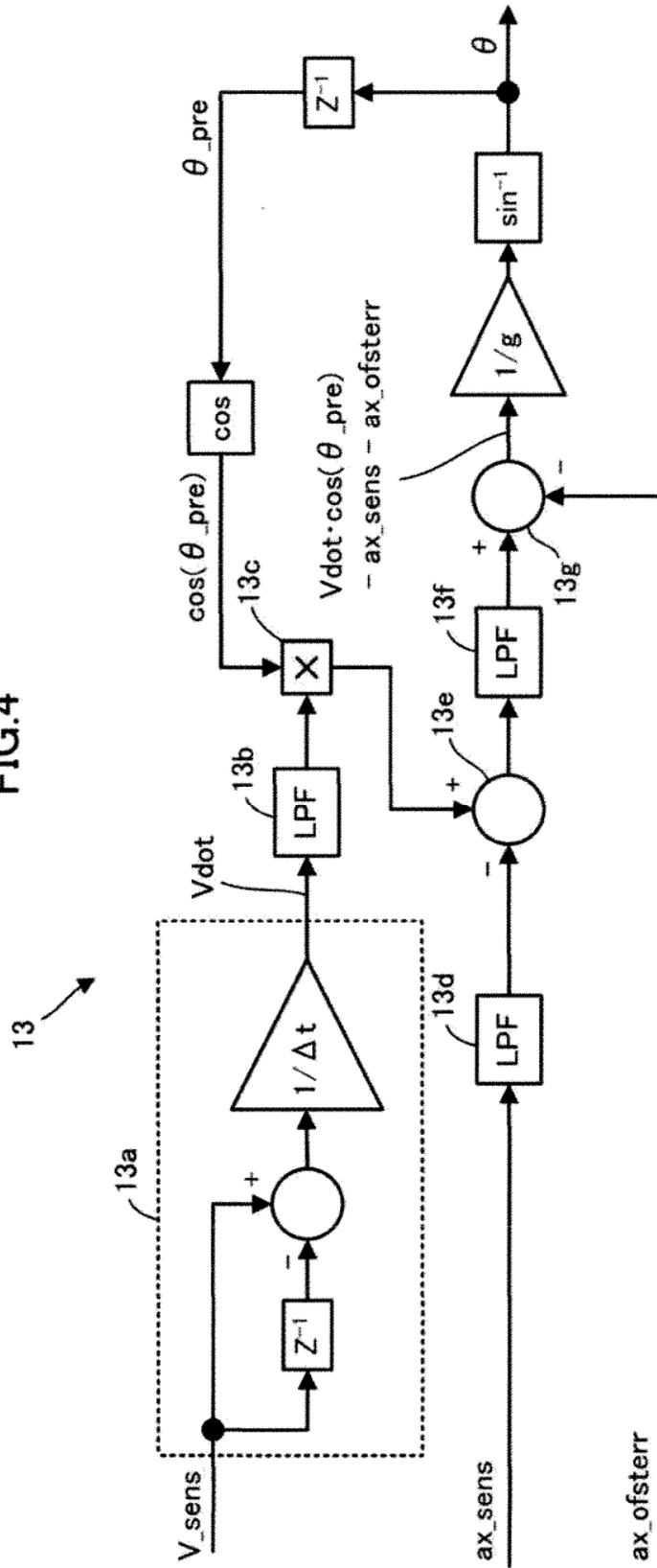


FIG.3

FIG.4



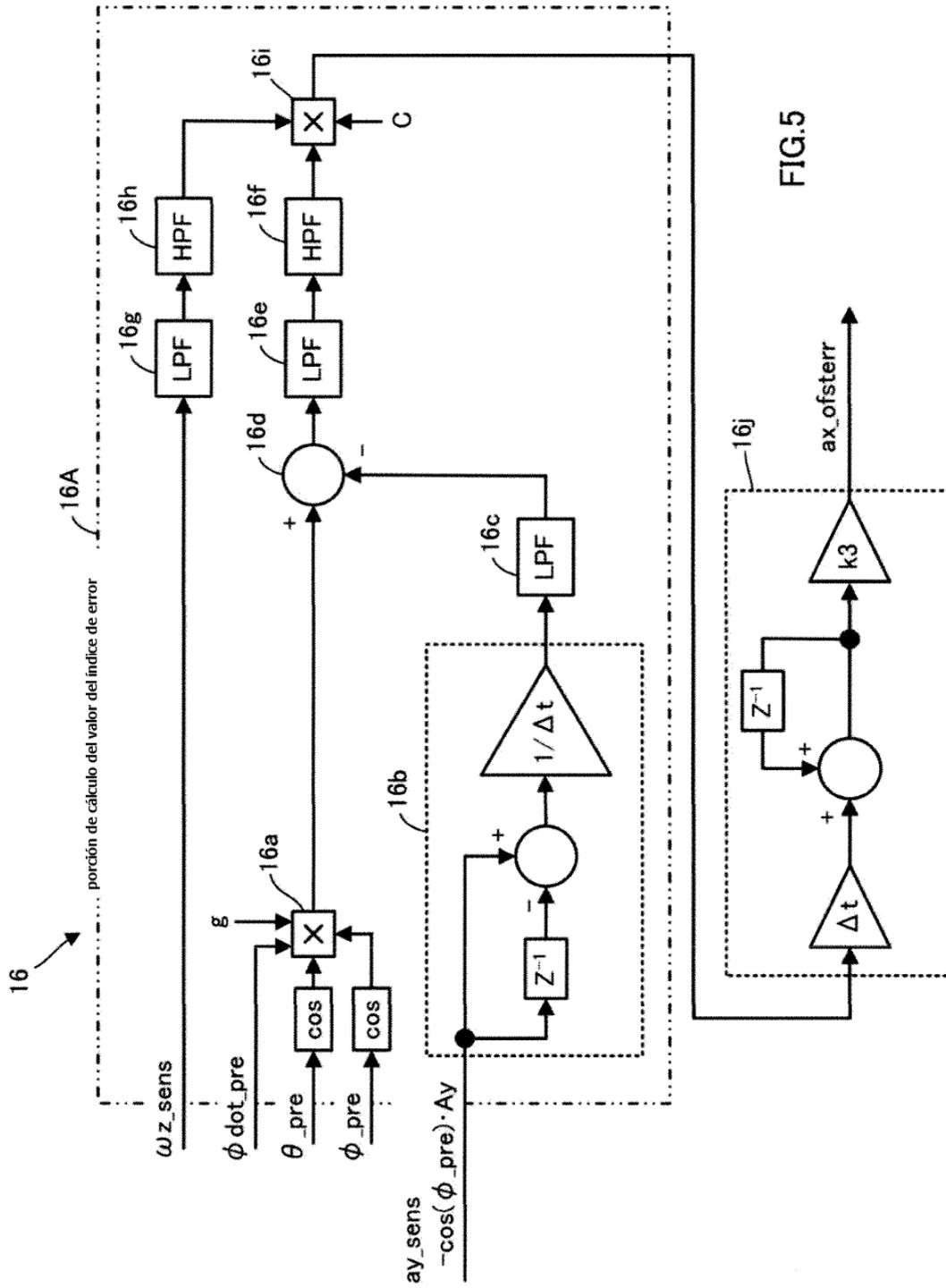
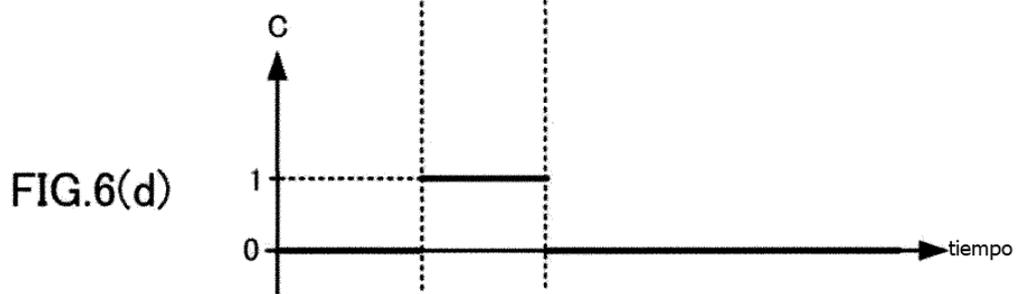
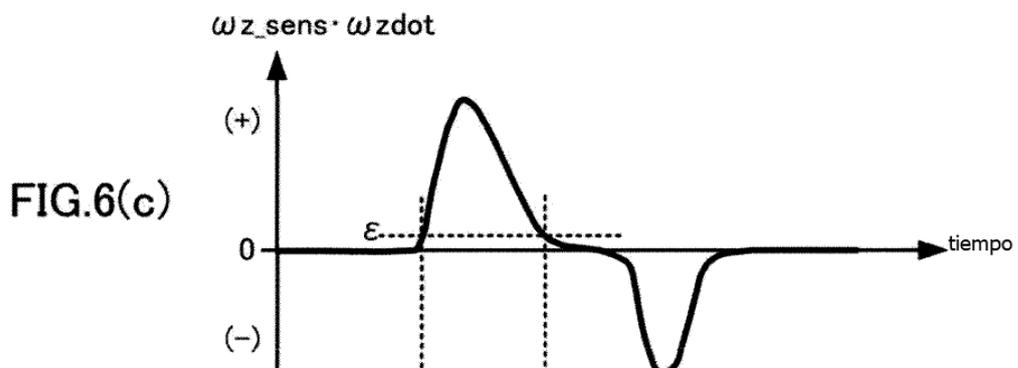
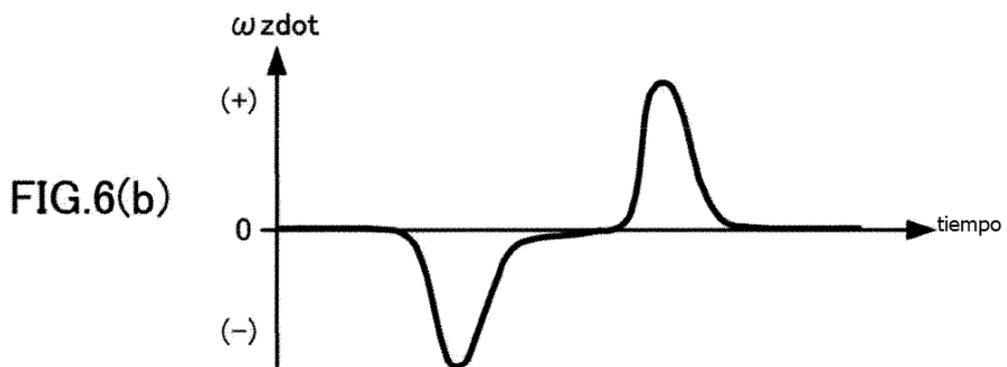
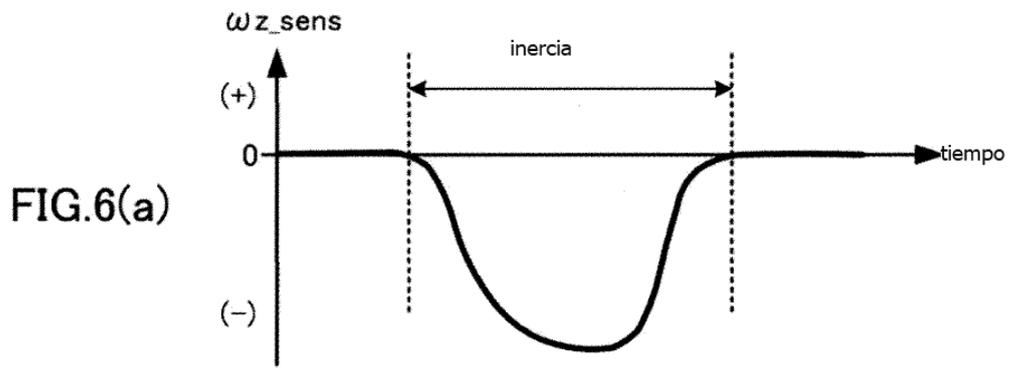


FIG.5



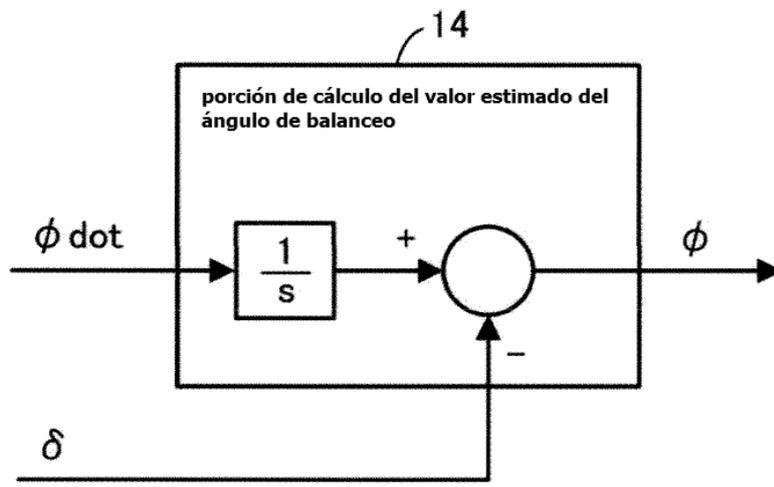


FIG.7