

(19) 日本国特許庁(JP)

(12) 公開特許公報(A)

(11) 特許出願公開番号

特開2016-151459

(P2016-151459A)

(43) 公開日 平成28年8月22日 (2016. 8. 22)

(51) Int. Cl.	F I	テーマコード (参考)
<b>GO 1 L 5/00 (2006. 01)</b>	GO 1 L 5/00	G 2 F 0 5 1
<b>B 6 0 C 19/00 (2006. 01)</b>	B 6 0 C 19/00	H
<b>GO 1 M 17/02 (2006. 01)</b>	B 6 0 C 19/00	G
	GO 1 M 17/02	B

審査請求 未請求 請求項の数 4 O L (全 7 頁)

(21) 出願番号	特願2015-28546 (P2015-28546)	(71) 出願人	504160781 国立大学法人金沢大学 石川県金沢市角間町ヌ7番地
(22) 出願日	平成27年2月17日 (2015. 2. 17)	(74) 代理人	100114074 弁理士 大谷 嘉一
		(72) 発明者	立矢 宏 石川県金沢市角間町ヌ7番地 国立大学法人金沢大学内
		(72) 発明者	樋口 理宏 石川県金沢市角間町ヌ7番地 国立大学法人金沢大学内
		(72) 発明者	藤城 慶治 石川県金沢市角間町ヌ7番地 国立大学法人金沢大学内
		Fターム(参考)	2F051 AA01 AB09 BA07 CA01

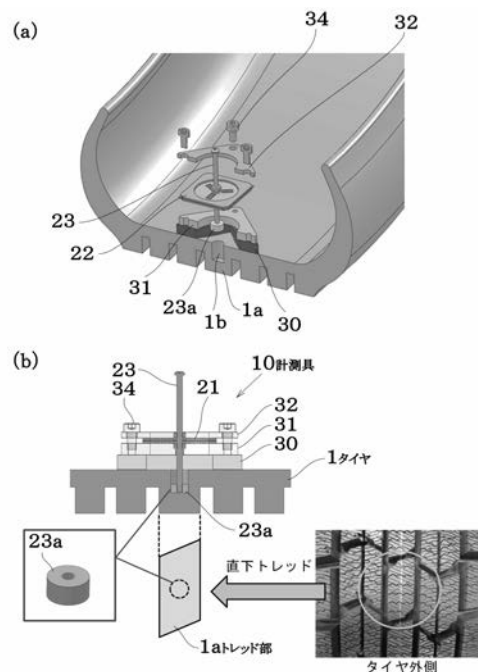
(54) 【発明の名称】 路面摩擦係数の算出装置及び算出方法

(57) 【要約】

【課題】簡単な構造で実用性の高い、走行時におけるタイヤと路面間の摩擦係数の算出装置及びその方法の提供を目的とする。

【解決手段】変形量の検出手段を備えたベース部材と、当該ベース部材に連結した剛体子を有し、前記剛体子の先端部をタイヤトレッドのトレッド部の位置に対応するタイヤ内面に埋設したことを特徴とする。

【選択図】 図 1



## 【特許請求の範囲】

## 【請求項 1】

変形量の検出手段を備えたベース部材と、当該ベース部材に連結した剛体子を有し、前記剛体子の先端部をタイヤトレッドのトレッド部の位置に対応するタイヤ内面に埋設したことを特徴とする路面摩擦係数の算出装置。

## 【請求項 2】

前記ベース部材に備えた変形量の検出手段は前記剛体子に負荷された鉛直荷重と水平荷重とを検出するものであることを特徴とする請求項 1 記載の路面摩擦係数の算出装置。

## 【請求項 3】

前記変形量の検出手段はプレート状のベース部材の中央部に前記剛体子を連結してあり、  
当該剛体子の連結部から放射状に位相差を設けて複数の歪みゲージを前記ベース部材に貼着してあることを特徴とする請求項 2 記載の路面摩擦係数の算出装置。

## 【請求項 4】

変形量の検出手段を備えたベース部材と、当該ベース部材に連結した剛体子を有し、前記剛体子の先端部をタイヤトレッドのトレッド部の位置に対応するタイヤ内面に埋設してあり、  
前記変形量の検出手段はプレート状のベース部材の中央部に前記剛体子を連結し、当該剛体子の連結部から放射状に位相差を設けて複数の歪みゲージを前記プレート部材に貼着してあり、  
前記トレッド部の摩擦力及び鉛直荷重と、歪み量との関係式を予め求め、  
又は前記トレッド部の摩擦係数及び鉛直荷重と、歪み量との関係式を予め求めることで摩擦係数を算出することを特徴とする路面摩擦係数の算出方法。

## 【発明の詳細な説明】

## 【技術分野】

## 【0001】

本発明は、車両の路面に対するタイヤの摩擦状況を算出測定できる路面摩擦係数の算出装置及びその方法に関する。

## 【背景技術】

## 【0002】

車両に ABS (アンチロックブレーキシステム) や TCS (トラクションコントロールシステム) 等を搭載することで、走行制御が向上している。

近年はタイヤの空気圧等の情報をフィードバックし走行制御するインテリジェントタイヤが提案されている。

今後、車両が走行する路面の摩擦係数等のタイヤの接触面の路面性状が分かれば、さらなる高度な走行制御が可能と期待されている。

本出願に係る発明者らは、タイヤの内側から表面部にかけて貫通孔を形成し、歪みゲージに連結したウスカを、この貫通孔を通し周囲を接着するとともにウスカの先端に路面との接触部を形成した触覚センサを提案している (非特許文献 1)。

本発明は、さらにタイヤへの実装性向上、触覚センサの接触部の耐久性向上を目的に改良されたものである。

特許文献 1 は、タイヤトレッドのトレッド溝部にトレッド表面よりも高さの高い第 1 センシングブロックと高さの低い第 2 センシングブロックとを設け、それぞれに歪みゲージを貼り付けた路面摩擦係数の推定方法を開示する。

しかし、同公報に開示する技術はセンシングブロックの歪量、振動レベルをパラメータとする推定方法であり、タイヤに加わる摩擦力の負荷方向やタイヤの変形に対する影響が十分に考慮されていない。

特許文献 2 は、タイヤの表面に、地面に対してスライドしない通常リップと地面に対してスライドする犠牲リップを有し、この犠牲リップに感応センサを設けたグリップの測定方法を開示する。

10

20

30

40

50

しかし、同公報に開示する技術は犠牲リブに加えられる剪断応力の信号分析によるものであり、同公報に記載されているとおり犠牲リブ摩耗により情報が変化し、再キャリブレーション処置が必要である。

【先行技術文献】

【非特許文献】

【0003】

【非特許文献1】立矢 宏、他5名「タイヤ接地路面の摩擦係数測定用触覚センサの基礎的研究」, 日本機械学会論文集(C編)78巻 787号(2012-3), P122-132

【特許文献】

【0004】

【特許文献1】特開2002-36836号公報

【特許文献2】特開2002-82004号公報

【発明の概要】

【発明が解決しようとする課題】

【0005】

本発明は、簡単な構造で実用性の高い、走行時におけるタイヤと路面間の摩擦係数の算出装置及びその方法の提供を目的とする。

【課題を解決するための手段】

【0006】

本発明に係る路面摩擦係数の算出装置は、変形量の検出手段を備えたベース部材と、当該ベース部材に連結した剛体子を有し、前記剛体子の先端部をタイヤトレッドのトレッド部の位置に対応するタイヤ内面に埋設したことを特徴とする。

この場合に、前記ベース部材に備えた変形量の検出手段は剛体子に負荷された鉛直荷重と水平荷重とを検出するものであることが好ましい。

このように本発明は、ウイスカとも称される剛体子の先端部をタイヤトレッドのトレッド部の内面に埋設することでトレッド部に負荷される荷重を直接的に検知した点に特徴がある。

剛体子を介して、トレッド部に負荷される鉛直荷重と摩擦力による水平方向の水平荷重を検出できれば、検出手段に制限がない。

【0007】

例えば、前記変形量の検出手段はプレート状のベース部材の中央部に前記剛体子を連結してあり、当該剛体子の連結部から放射状に位相差を設けて複数の歪みゲージを前記ベース部材に貼着してある構成が例として挙げられる。

【0008】

本発明に係る路面摩擦係数の算出方法は、変形量の検出手段を備えたベース部材と、当該ベース部材に連結した剛体子を有し、前記剛体子の先端部をタイヤトレッドのトレッド部の位置に対応するタイヤ内面に埋設してあり、前記変形量の検出手段はプレート状のベース部材の中央部に前記剛体子を連結し、当該剛体子の連結部から放射状に位相差を設けて複数の歪みゲージを前記プレート部材に貼着してあり、前記トレッド部の摩擦力及び鉛直荷重と歪み量との関係式を予め求め、又は前記トレッド部の摩擦係数及び鉛直荷重と歪み量との関係式を予め求めることで摩擦係数を算出することを特徴とする。

【0009】

本発明において上記関係式の設定及び校正に当たっては、タイヤを、その周方向速度がY軸方向となるように、X軸周りに回転させるとともにパラレル式負荷装置により、X軸方向及びZ軸方向の荷重を負荷した。

この状態で、フォースプレートを用いてX, Y, Z軸の3軸方向の荷重を測定する際に、剛体子の先端部を埋設したトレッド部に局所的に負荷される局所荷重を3軸ロードセルで計測できるようにフォースプレート上に設置した。

これにより詳細は後述するが、タイヤ接地面全体に作用する荷重と、剛体子の埋設部(

10

20

30

40

50

センサ計測部)に作用する局所荷重を同時に計測でき、このセンサ計測部にのみ作用する荷重を明確にし、鉛直荷重、摩擦力の計測が可能になった。

このことにより、算出式の校正精度が向上する。

また、タイヤ全体に作用する荷重のセンサ計測部への影響も同定可能であり、鉛直荷重を測定する算出式を決定することもできる。

#### 【発明の効果】

##### 【0010】

本発明に係る算出装置及び算出方法は、剛体子の先端部(センサ計測部)をトレッド部の内面に埋設したので、センサ計測部を従来のようなタイヤに貫通孔を開けることなく実装できるので実用性が高い。

これによりタイヤの強度を損なわずに実装でき、センサ計測部が路面と直接接触しないので耐久性が高い。

また、計測方法の具体的な効果として、簡単なセンサ構造により路面に接触するタイヤのトレッド部の摩擦状態を直接測定できるため、精度が高く車両の走行制御に直接的に有用な情報が得られる。

#### 【図面の簡単な説明】

##### 【0011】

【図1】計測具10のタイヤへの取付状態の説明図を示し、(a)は取付前のセンサ部及びその他の断面斜視図を示し、(b)はタイヤに取り付けた状態の断面図を示す。

【図2】センサ部の説明図を示し、鉛直荷重負荷時と水平荷重負荷時のベース部材の変形を模式的に示す。

【図3】一定鉛直荷重 $w$ で摩擦力 $f$ を負荷した場合の歪み量 $\epsilon_i$ ( $i = A, B, C$ )と摩擦力負荷方向との関係を示す。

【図4】鉛直荷重 $W$ とひずみ $\epsilon_A$ との関係を示す。また、その原因の説明図を示す。

【図5】実験装置の説明図を示す。

【図6】局所荷重 $f, w$ の測定方法を示す。

【図7】図6に示した校正装置を用いてタイヤに鉛直荷重のみを負荷した際の $w - W$ の関係を示す。

【図8】実験で決定した定数の例を示す。

【図9】実験式から $f, \epsilon, \epsilon_A$ を決定する計算方法例を示す。

【図10】計算式に基づいて算出した値と、各材質面の摩擦係数の真値との比較結果を示す。

#### 【発明を実施するための形態】

##### 【0012】

本発明に係る図2に示したセンサ部20を計測具(算出装置)10を用いて、タイヤの内面に取り付けた状態を図1に示す。

センサ部20は、円盤状のベース部材21の外周部を上下から挟み込むように円孔を形成した保持板22で保持しており、ベース部材21の中央部には上下方向に剛体子(ウィスカ)23を連結してある。

ベース部材21の表面には、剛体子周りに $120^\circ$ の位相差を設けて歪みゲージ24a~24cを貼着してある。

図1に示すように、タイヤトレッドのトレッド部1aの内側に凹部状の取付部1bを形成し、剛体子23の先端部を接続部材23aを介して、このタイヤの取付部1bに埋設してある。

これにより、トレッド部の負荷を従来のような貫通孔を設けることなく計測できる。

計測具10は、剛体子23及びベース部材21の変位の妨げにならないようにタイヤの内面に緩衝材30を接着し、その上に支持フレーム部材31を接着してある。

この支持フレーム部材31と押えフレーム32で保持板22を挟み込むようにボルト34等にて固定してある。

##### 【0013】

10

20

30

40

50

このようにすると、トレッド部 1 a に鉛直荷重が負荷されると、図 2 に示すようにベース部材 2 1 全体に上方向の引張力が作用し、トレッド部 1 a に摩擦力が負荷され、剛体子 2 3 の先端部に水平方向の水平荷重が負荷されると、ベース部材 2 1 の一方に圧縮力、他方に引張力が作用する。

これにより、摩擦力の負荷方向が変化すると図 3 に示すように歪みゲージ A, B, C (24 a ~ 24 c) 貼付部のひずみは、サインカーブを描き変化する。

従って、センサ部に作用する摩擦力と発生するひずみの関係式は次式となる。

< 式 1 >

$$i = (k_i f + a_i) \sin(\theta + \phi_i) + H_i + \dots (1)$$

または

< 式 2 >

$$i = (k_i f + a_i) \sin(\theta + \phi_i) + H_i \dots (1')$$

ここで、 $i$  は  $i$  番目のひずみゲージで検知するひずみ、 $f$  は摩擦力、 $\theta$  は摩擦力の方向、 $k_i$  は摩擦力をひずみに換算する係数、 $a_i$  は摩擦力をひずみに換算する際の補正項、 $\phi_i$  はひずみゲージの貼付方向による位相差、 $H_i$  はセンサに作用する鉛直荷重に相関する定数、 $\dots$  はタイヤの変形などに起因する  $H_i$  の補正係数又は定数である。

【0014】

上記関係式における係数及び定数を決定するのに用いた実験装置を図 5 に示す。

これにより、鉛直荷重  $W$  とひずみ  $i_A$  の関係を求めたところ、接地面積増加によりセンサ部直下のトレッド部への負荷が一定になることが図 7 に示すとおり明らかになった。

その理由を図 4 に示す。

そこで、図 6 に示すようにフォースプレートの上、表面が平滑で、かつ、中央部に穴有の天板を介して 3 軸ロードセルを設置し、図 7 に示すような測定結果から、局所鉛直荷重  $w = 140 \text{ N}$  と設定して実験式を図 8 に示したように設定し、各歪みゲージ A, B, C における  $k_i, a_i, \phi_i, H_i$  を決定した。

その際には、摩擦係数の異なる複数の天板を交換して用いることで、精度の高い校正が行える。

また、局所鉛直荷重  $w$  の値を予め把握している場合は、トレッド部に局所的に負荷される局所荷重を 3 軸ロードセルで計測する必要はなく、穴無しの摩擦係数の異なる複数の天板を用いて  $k_i, a_i, \phi_i, H_i$  を決定できる。

これにより、センサ出力  $i$  に対して、例えば図 9 に示した計算式により、 $f, \theta$  を算出することができる。

次に、上記に求めた関係式を用いて、予め分かっている材質の摩擦係数と比較した結果を図 10 に示す。

この結果、摩擦係数は各路面及び負荷方向において真値  $\pm 0.1$  の範囲で一致していた。

また、負荷方向に対してもほぼ真値と同じ値が得られた。

このことから、本発明に係る算出装置及び算出方法は、高精度に摩擦係数又は摩擦力を推定することができる。

【0015】

上記式 (1), (1') において、センサに作用する鉛直荷重を  $w$ , 路面の摩擦係数を  $\mu$  とすれば次式となる。

< 式 3 >

$$i = (k_i \mu w + a_i) \sin(\theta + \phi_i) + H_i + \dots (2)$$

または

< 式 4 >

$$i = (k_i \mu w + a_i) \sin(\theta + \phi_i) + H_i \dots (2')$$

今回の発明ではタイヤの特性から、センサに作用する鉛直荷重  $w$  を一定としている。

したがって、式 (2) に含まれる " $k_i \cdot w$ " は定数となる。

そこで、これをあわせて  $K_i$  とすれば次式となる。

10

20

30

40

50

< 式 5 >

$$F_i = (k_i \mu + a_i) \sin(\theta + \alpha_i) + H_i + \dots (3)$$

または

< 式 6 >

$$F_i = (k_i \mu + a_i) \sin(\theta + \alpha_i) + H_i \dots (3')$$

式(3)を用いて、摩擦係数の異なる表面が平滑な複数の天板を用いて校正実験を行い、 $K_i, a_i, \alpha_i, H_i$ を求めれば、実用時にはセンサ検知部に作用する $w$ を用いずに摩擦係数を直接求められる。

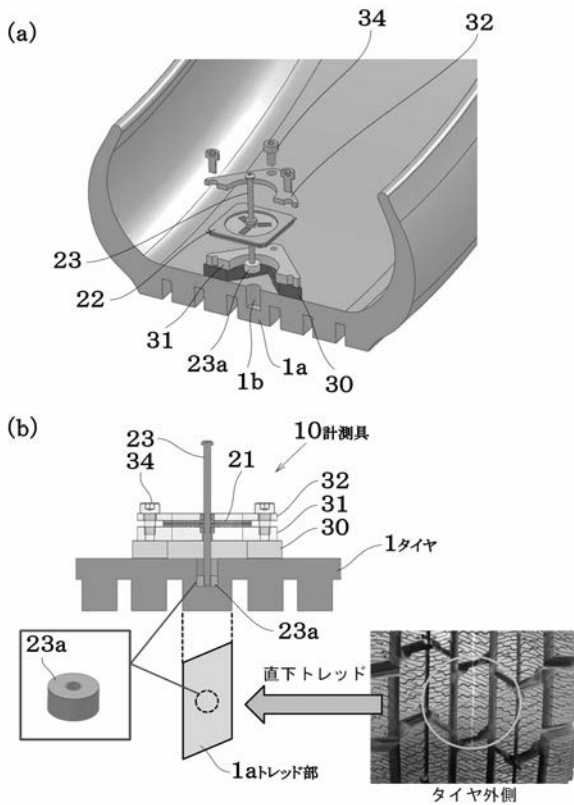
すなわち、あらかじめ、一定となる $w$ の値を明らかにする必要はない。

【符号の説明】

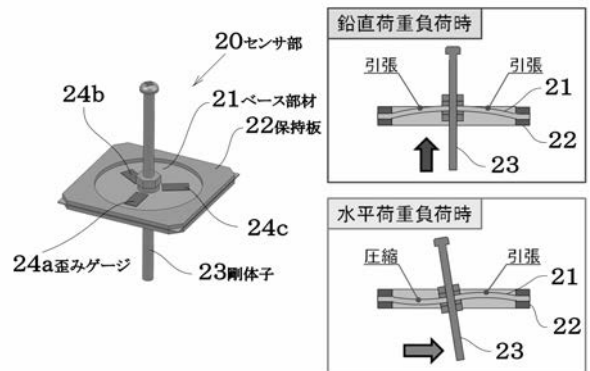
【 0 0 1 6 】

- 1 タイヤ
- 1 a トレッド部
- 1 0 計測具
- 2 0 センサ部
- 2 1 ベース部材
- 2 2 保持板
- 2 3 剛体子
- 2 4 a 歪みゲージ

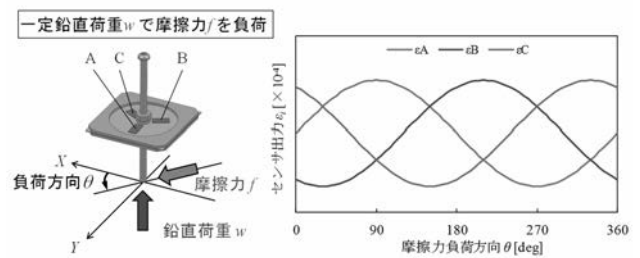
【 図 1 】



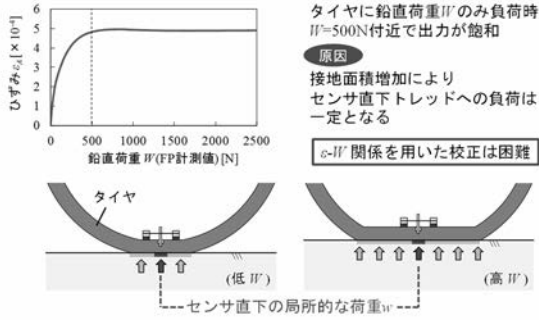
【 図 2 】



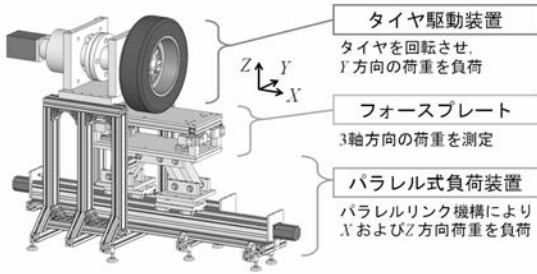
【 図 3 】



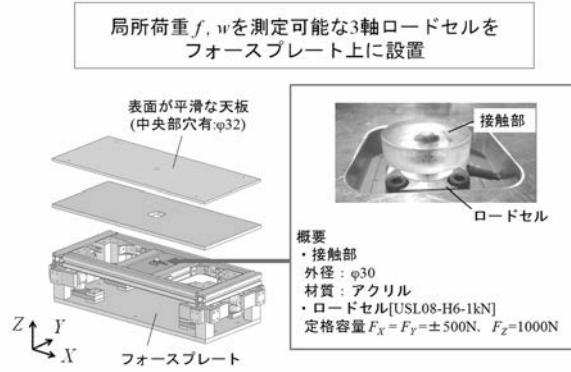
【 図 4 】



【 図 5 】

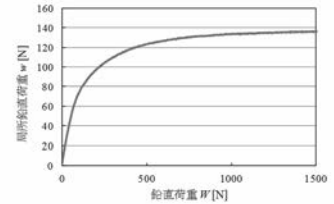


【 図 6 】



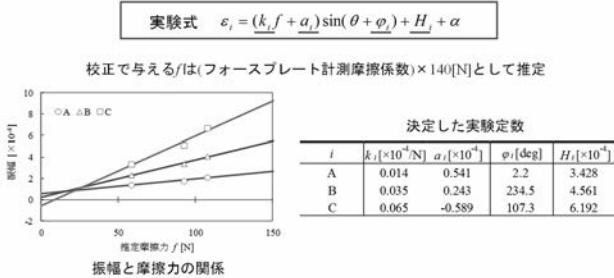
【 図 7 】

図 6 に示した校正装置を用いて  
タイヤに鉛直荷重のみを  
負荷した際の  $w$ - $H$  関係



$H=500\text{N}$  以降の局所荷重  $w$  はほぼ一定  
実用時の荷重は  $2500\text{N}$  前後を想定しているため  
常に  $w=140\text{N}$  であると設定

【 図 8 】



【 図 9 】

センサ出力  $\varepsilon_i$  から数値計算 (ニュートン法) を用いて  $f, \alpha, \theta$  を算出

実験式より以下のように関数  $g(X)$  を定義

$$g_i = (k_i f + a_i) \sin(\theta + \varphi_i) + H_i + \alpha - \varepsilon_i \quad (i=A, B, C)$$

$$X = [f \quad \alpha \quad \theta]^T$$

解が収束するまで次式を繰り返し計算し、近似解  $X^k = [f, \alpha, \theta]$  を求める

$$\begin{bmatrix} f_{k+1} \\ \alpha_{k+1} \\ \theta_{k+1} \end{bmatrix} = \begin{bmatrix} f_k \\ \alpha_k \\ \theta_k \end{bmatrix} - \left[ \frac{\partial g(X_k)}{\partial X} \right]^{-1} \begin{bmatrix} g_A(f_k, \alpha_k, \theta_k) \\ g_B(f_k, \alpha_k, \theta_k) \\ g_C(f_k, \alpha_k, \theta_k) \end{bmatrix} \quad (k=0, 1, 2, \dots)$$

以上の結果より、摩擦係数  $f$  と、その方向  $\theta$  を決定

ここで  $\left[ \frac{\partial g(X_k)}{\partial X} \right]^{-1} = \begin{bmatrix} \frac{\partial g_A}{\partial f} & \frac{\partial g_A}{\partial \alpha} & \frac{\partial g_A}{\partial \theta} \\ \frac{\partial g_B}{\partial f} & \frac{\partial g_B}{\partial \alpha} & \frac{\partial g_B}{\partial \theta} \\ \frac{\partial g_C}{\partial f} & \frac{\partial g_C}{\partial \alpha} & \frac{\partial g_C}{\partial \theta} \end{bmatrix}^{-1} = \begin{bmatrix} k_1 \sin(\theta_1 + \varphi_1) & 1 & (k_1 f_k + a_1) \cos(\theta_1 + \varphi_1) \\ k_2 \sin(\theta_2 + \varphi_2) & 1 & (k_2 f_k + a_2) \cos(\theta_2 + \varphi_2) \\ k_3 \sin(\theta_3 + \varphi_3) & 1 & (k_3 f_k + a_3) \cos(\theta_3 + \varphi_3) \end{bmatrix}^{-1}$

【 図 10 】

