

二輪車における後写鏡の 後方視界シミュレーションシステム

Rearward Visibility Simulation System of Motorcycle Rearview Mirrors

矢 萩 幸 一*
Koichi YAHAGI

山 田 弘 展*
Hironobu YAMADA

要 旨

二輪車における後写鏡の視認性には法規制があり、その測定が必須である。これまでは、2次元CADで検討後、実機を試作し法規制の基準を確認してきた。しかし、二輪車特有の乗員乗車時の後写鏡の位置のずれによる後方視界への影響などにより2次元では十分な検討ができずに設計仕様決定が遅れていた。これに対し法規の前提条件を Newton-Raphson 法および二分法を組み合わせて自動的に設定する機能を組み込み、3次元 CAD によるシミュレーションシステムを開発した。これにより設計レイアウト段階での判断が可能となり、レイアウトの早期熟成に貢献できた。

ABSTRACT

Visibility provided by the rearview mirrors of motorcycles is regulated by law, and should be measured. Thus far, compliance with legal standards has been checked first by investigation using 2-dimensional CAD, and then manufacturing a prototype motorcycle. However, an issue unique to motorcycles is displacement of the rearview mirror when the rider rides the motorcycle, which affects rearward visibility. This factor hindered sufficient investigation in two dimensions, which delayed determination of the design specifications. Therefore, a simulation system has been developed that uses 3-dimensional CAD, which incorporates a function that automatically sets the legal prerequisites using a combination of the Newton-Raphson method and bisection method. This enabled assessment in the design layout stage, and contributed to early layout maturation.

1. まえがき

二輪車において、安全面を確保するために世界各国で後写鏡のライダーの映り込みおよび後方の視界の基準が規定されている。これまでは2次元 CAD で確認し、その後、実機を試作し法規制の基準を満たしているかどうか判断してきたため、法規適合性の判断が遅くなっていた。2次元CADでは、乗員乗車時の後写鏡の位置のずれ等の検討が難しい。そこで、3次元 CAD データを用いて、より実機に近いシミュレーションを実施するためのシステムを開発した。このシステムにより後写鏡やライダーの諸元データを元に短時間により正確に法規制の基準を満たしているかどうかの判断が可能となった。

本稿では、この二輪車における後写鏡の後方視界シミュレーションシステム概要と後写鏡鏡面制御について報告する。

*二輪開発センター

2. 法規対応

二輪車における後方視界の法規制の代表例を Table 1 に示す。法規適合性判断には、与えられた設定状態を実現する必要がある。このためシミュレーションシステムの実現には、この条件を3次元 CAD 上で設定する機能が不可欠となる。

3. 二輪車における後写鏡の後方視界の特徴

二輪車では、四輪車と違い乗員乗車時のタイヤ変形による後写鏡の位置ずれによる後方視界への影響が大きい。後写鏡の位置合わせをすることにより、より実機に近いシミュレーションを実施することができる。したがって、シミュレーションの実施には、まず乗員乗車時の後写鏡とライダーの位置関係を求める必要がある (Fig. 1)。

Table 1 Laws and regulations for motorcycle rearview mirror

Regulations	Setup	Points to be checked
Rearward visibility of rearview mirror in Japan	Align center point of mirror surface with point, reflecting on mirror surface, 50 m behind.	Non-visible range equal to or less than 25%
Verification of regulation conformity in Belgium / Netherlands	Align corner point of maximum rectangle which is inscribed around edge of mirror surface, with point on ground line, reflecting on mirror surface, 10 m behind reference eye point.	Reflection on 10 m line equal to or more than 2.5 m.
Verification of regulation conformity in Germany	Align lower corner point (vehicle side) of maximum rectangle which is inscribed around edge of mirror surface, with point on ground line, reflecting on mirror surface, 20 m behind reference rear view mirror point.	Reflection on 20 m line equal to or more than 2.5 m.
Verification of regulation conformity in EEC	Align lower corner point (vehicle side) of maximum rectangle which is inscribed around edge of mirror surface, with point on ground line, reflecting on mirror surface, 10 m behind reference rear view mirror point.	Reflection on 10 m line equal to or more than 2.5 m.

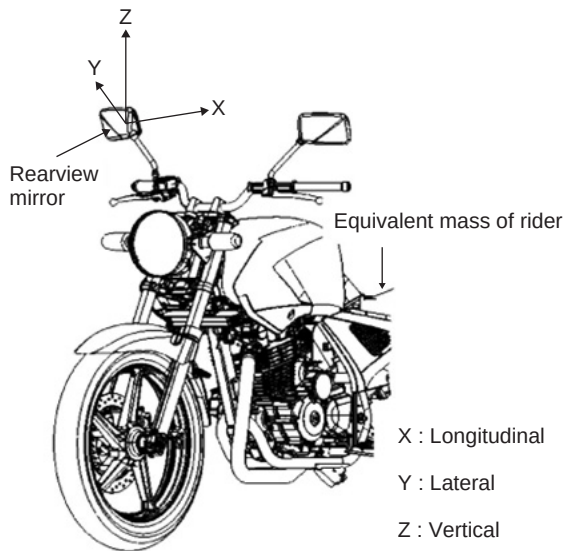


Fig. 1 Positional relationship of rearview mirror and rider when rider rides

4. システム概要

4.1. フローチャート

シミュレーションシステムのフローチャートを Fig. 2 に示す。まず、初めにライダーの位置や後写鏡位置などを入力する。その後、レイアウト 3 次元データおよび諸元データを元に乗車時のライダーの位置を求め、その後にシミュレーションを開始する。なお、実機の測定方法は「JASO T009-94⁽¹⁾ 二輪自動車のリヤビューミラー視界測定方法」を用いる。シミュレーションは、この測定方法に合わせ鏡面の位置調整により後写鏡の位置合わせをおこなう。

4.2. 幾何学的背景

二輪車ライダーの目の位置 (Eye Point) から見て対象物 (Object Point) が鏡面上のどの点 (反射点: Reflection Point) に写るかを求める。後写鏡を固定している接続位置 (Joint Point) を固定した状態で、球の中心点 (Center Point) を可動することにより鏡面への反射点等を幾何学的に計算する。鏡面イメージを Fig. 3 に示す。反射点は、下記の三つの条件にて求めることができる。

- (1) 反射点は、目の位置・対象物体の位置 (Object Point) ・鏡面中心点を通る平面上にある。
- (2) 反射点は鏡面中心点を中心とした半径 r の球である。
- (3) 反射点から目の位置の点へのベクトルと反射点から対象物体の位置の点へのベクトルは、鏡面中心点から反射点へのベクトルによってなす角が二等分される。

4.3. 初期値の設定

下記のようにパラメータを設定する。

$R(x, y, z)$: 反射点 (Reflection Point)

$E(E_x, E_y, E_z)$: 目の位置 (Eye Point)

$O(O_x, O_y, O_z)$: 対象物体の位置 (Object Point)

$C(C_x, C_y, C_z)$: 球の中心点 (Center Point)

$M(M_x, M_y, M_z)$: 鏡面中心点 (Mirror Point)

$J(J_x, J_y, J_z)$: ミラー接続点 (Joint Point)

$G(G_x, G_y, G_z)$: 初期値推定値 (Guess Point)

r : ミラー半径 (Mirror Radius)

α, β : 推定値を求めるための基準点

$f(x, y, z)$: 平面 CEO 上にあるかの判定式

a, b, c, d : $f(x, y, z)$ の係数

$g(x, y, z)$: 平面上にあるかの判定式

A : Guess Point の移動量

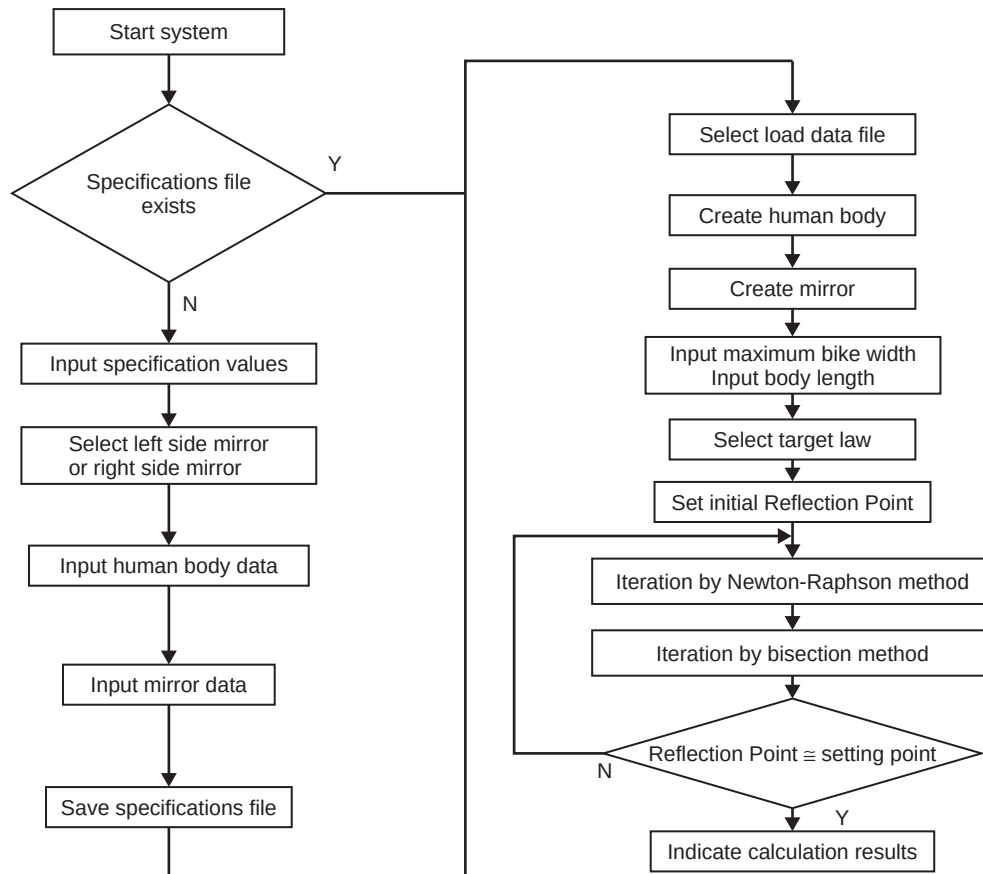


Fig. 2 Simulation flowchart

初期値の座標説明図を Fig. 4 に示す。初期値が不適切な場合、例えば、解を捜す区間に変曲点がある場合には、近傍の解には収束しないか、収束しても収束速度は速くない。そこで、初期値としては解に近いと思われる値を用いる必要がある。ここでは、初期値として、Fig. 4 に示す鏡面上の2点 α , β の中点を設定する。

したがって、鏡面中心点から初期値のベクトルは、

$$\vec{G} - \vec{C} = \frac{\vec{\alpha} + \vec{\beta}}{2} \quad (1)$$

4つのベクトル $\vec{G}$, $\vec{C}$, $\vec{\alpha}$, $\vec{\beta}$, は、原点からそれぞれの該当点へのベクトルを表す。

すなわち、初期値の推定値は、

$$G(Gx, Gy, Gz) = \frac{1}{2} \left\{ \left(\frac{\vec{CE}}{|\vec{CE}|} + \frac{\vec{CO}}{|\vec{CO}|} \right) \cdot r + 2\vec{C} \right\} \quad (2)$$

として表すことができる。

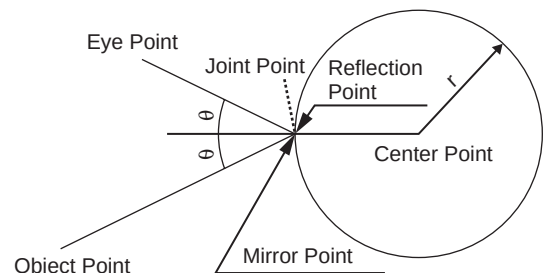


Fig. 3 Mirror surface image

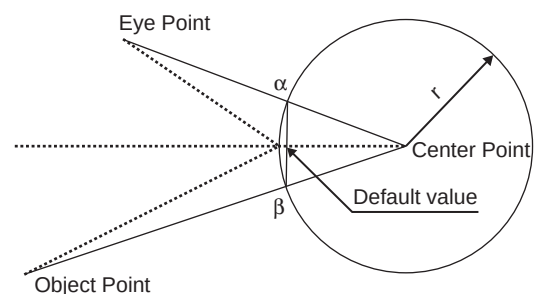


Fig. 4 Image of default coordinate value

4.4. 計算アルゴリズム

計算は次の手順でおこなう。

- (1) 初期値からスタートし繰り返し計算により鏡面における反射点を求める。
 - (2) 求めた反射点が法規の位置に合うように後写鏡の位置を合わせる。このとき、Center Pointも動くため、反射点は誤差が出てくる。
 - (3) 新たに初期値を与える。
- 以上の(1) - (3)の手順を収束するまでおこなう。

4.4.1. 鏡面の反射点の求め方

反射点を求めるために収束の速い Newton-Raphson 法を3次元に拡張して用いる⁽²⁾。Fig. 5 に反射点を求めるアルゴリズムフローを示す。このフローの中のAの各成分がそれぞれ限りなく0に近づいたときにループを抜けるのだが、収束しない場合のことを想定して、ループが100回したら抜けるようにしておく。

各ベクトルの各成分と切片から求める式(3)の関数が0になるとき、Reflection Point は C, E, O を通る平面上にあるといえる。

$$f(x, y, z) = ax + by + cz + d \quad (3)$$

球の方程式より式(4)の関数が0になるとき、Reflection Point は C を通り、半径 r の球上にあるといえる。

$$g(x, y, z) = (x - Cx)^2 - (y - Cy)^2 - (z - Cz)^2 - r^2 \quad (4)$$

4.2.(3)で述べた角度二等分の条件より、

$\overrightarrow{CR}$ と $\overrightarrow{RE}$ のなす角、 $\overrightarrow{CR}$ と $\overrightarrow{RO}$ のなす角が等しいとき、Oから出た光は、Rで反射してEに届く。

式(3)を用いて1変数ではなく三次元連立非線形に拡張したものを下記に示す。

$$\begin{bmatrix} x_n - x_{n+1} \\ y_n - y_{n+1} \\ z_n - z_{n+1} \end{bmatrix} = \begin{bmatrix} f(x_n, y_n, z_n) \\ g(x_n, y_n, z_n) \\ q(x_n, y_n, z_n) \end{bmatrix} \begin{bmatrix} \frac{\partial f}{\partial x_n} & \frac{\partial f}{\partial y_n} & \frac{\partial f}{\partial z_n} \\ \frac{\partial g}{\partial x_n} & \frac{\partial g}{\partial y_n} & \frac{\partial g}{\partial z_n} \\ \frac{\partial q}{\partial x_n} & \frac{\partial q}{\partial y_n} & \frac{\partial q}{\partial z_n} \end{bmatrix}^{-1} \quad (5)$$

ここで、 $|x_n - x_{n+1}|$ 、 $|y_n - y_{n+1}|$ 、 $|z_n - z_{n+1}|$ の値がそれぞれすべて限りなく0に近づいたとき、連立方程式の解は収束されたといえる。

4.4.2. 後写鏡の位置合わせ

鏡面の反射点が求まったら、その点が法規で定められている設定位置になるよう後写鏡の位置合わせをおこなう。後写鏡の位置を合わせる上で比較的高速に解が求まる Newton-Raphson法では解が発散する可能性があるため、計算区間が決まっていれば解が必ず収束するという観点から二分法を採用した。その二分法について概略を説明し、それを応用した鏡面上の反射計算について後述する。

(1) 二分法

後写鏡の位置を合わせるために用いる二分法の定理(計算方法)⁽²⁾を以下で説明する。

実際の数値計算は、 $f(a)f(b) < 0$ であるような2点 a, b ($a < b$) を初期値として計算を始め、区間 $[a, b]$ を二分する点に $c = (a + b) / 2$ 対して、 $f(c)$ の計算をおこなう。 $f(c)f(a) < 0$ ならば b を c と置き換え、 $f(c)f(a) > 0$ ならば a を c と置き換える。このように、絶えず、 $[a, b]$ 区間の間に解があるように操作を繰り返し、区間の幅 $|b - a|$ が解の精度を制御する判定用の値 ε よりも小さくなったならば、計算を終了する。二分法のアルゴリズムフローを Fig. 6 に示す。

(2) 二分法の鏡面反射計算への応用

鏡面反射に二分法を応用する際のイメージ図を Fig. 7 に示す。Center Point と Reflection Point 1 を結ぶベクトルを $\overrightarrow{CR_1}$ 、Center Point と Reflection Point 2 を結ぶベクトルを $\overrightarrow{CR_2}$ 、Center Point と Target Point を結ぶベクトルを $\overrightarrow{CT}$ とする。 $\overrightarrow{CT}$ と $\overrightarrow{CR_1}$ のなす角を $\theta 1$ (一方方向) とし、 $\overrightarrow{CT}$ と $\overrightarrow{CR_2}$ のなす角を $\theta 2$ (他方向) とする。この $\theta 1, \theta 2$ を 4.4.2.(1) で述べた二分法の a, b に置き換える。

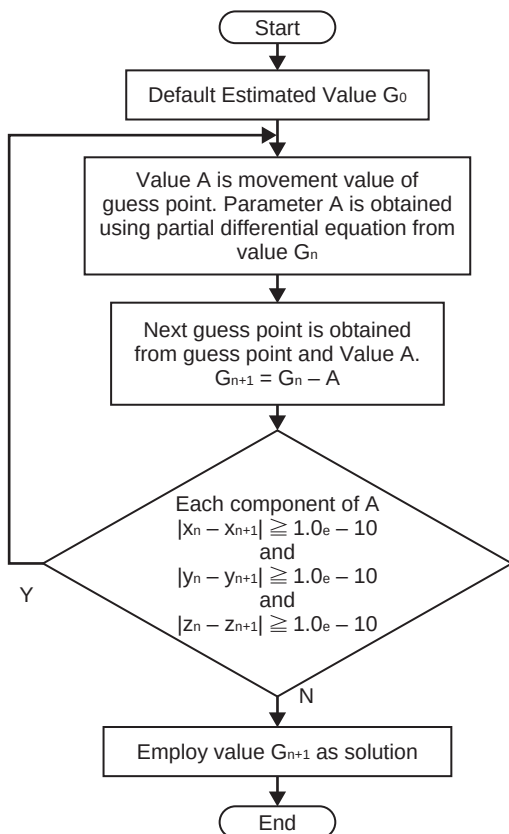


Fig. 5 Newton-Raphson method algorithm flow

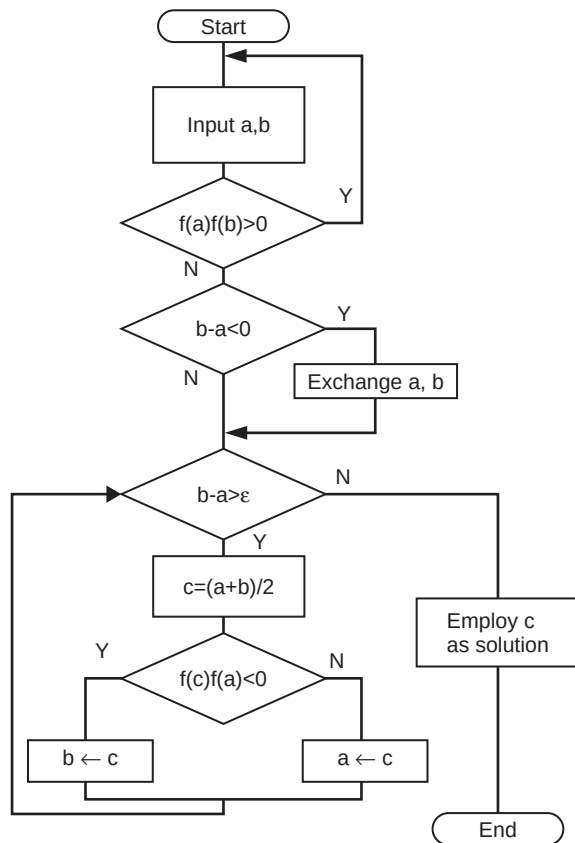


Fig. 6 Bisection method algorithm flow

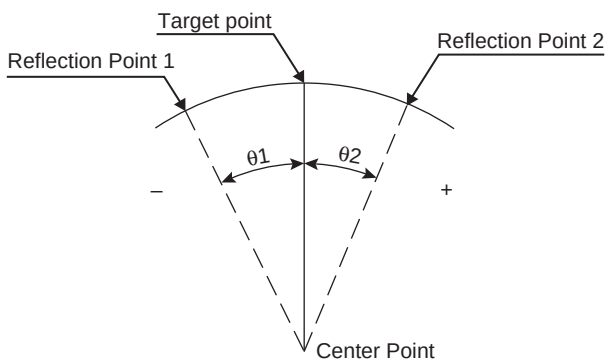


Fig. 7 Image of bisection method in mirror reflection

(3) 後写鏡自動調整による鏡面に写り込む基準位置と視線の位置合わせ

二分法を用いて実際に視線の位置と後写鏡調整角度を求めるアルゴリズムフローを Fig. 8 に示す。Fig. 8 に示すように鏡面上の基準位置と視線を合わせるといったパターンは無数に存在するため、X軸に対して考慮せず計算している。

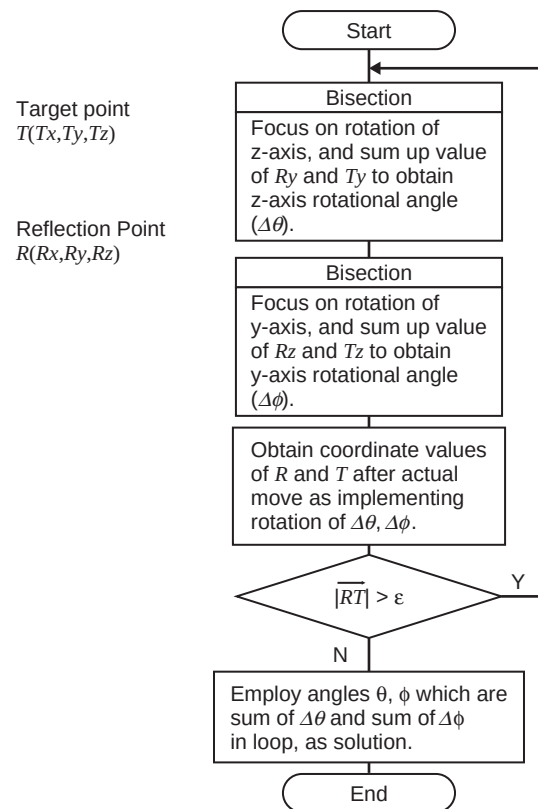


Fig. 8 Mirror automatic adjustment flow

4.5. グラフィカルユーザインターフェース(GUI)

適用法規の設定や後写鏡への対象物の写りこみ結果表示の簡易化のために GUI を作成した(Fig. 9)。これにより法規を選択し直しが容易となり、自動調整ボタンを押すことで、結果を視覚的かつデータとして得ることができる。

5. シミュレーションシステムにおける後写鏡の位置合わせの結果

適用例として後写鏡後方視界の法規適合を確認するために後写鏡の位置合わせの結果を紹介する。諸元データのみで法規適合確認のために位置合わせをしていない状況を Fig. 10 に示す。また、法規適合確認のために自動で位置合わせした結果を Fig. 11 に示す。なお、鏡面上の黄色部はライダの腕の写り込みを表している。

これにより、鏡面中心を後方50 mの点に合わせるといった法規設定のための後写鏡の位置合わせをすることができていることがわかる。これにより手動で位置を合わせる必要がなくなり、短時間に結果が得られ、シミュレーションを何度も実施し法規制に適合しているのか確認することができた。

他の法規に関しても同様にそれぞれの法規の基準に自動で後写鏡の位置を合わせることができる。

6. まとめ

二輪車の後写鏡における法規制適合確認のために、Newton-Raphson法と二分法を用いて法規の前提条件を自動的に設定する機能を有する三次元 CAD シミュレーションシステムを開発した。

- (1) 3DCAD上でシミュレーションができることにより、試作車を作成することなく法規適合の確認ができる。
- (2) さまざまな法規の場合においてもシミュレーションすることで、設計者は最新の情報でシミュレーションできる。
- (3) 設計における 3D レイアウトの早期熟成につなげることができる。

参考文献

- (1) JASO T009-94, 二輪自動車のリヤビューミラー視界測定方法, (社)自動車技術会(1994)
- (2) 阿部剛久, 古城知己, 都築みさを, 小池実, 清水真: 非線形方程式, 科学技術系の数値解析入門, 昭晃堂, p.8-24(1992)

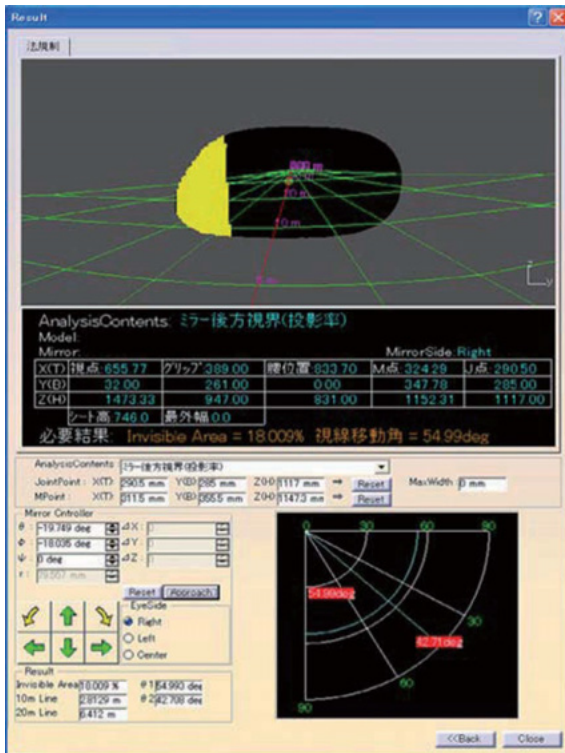


Fig. 9 Graphical user interface (GUI) of simulation system

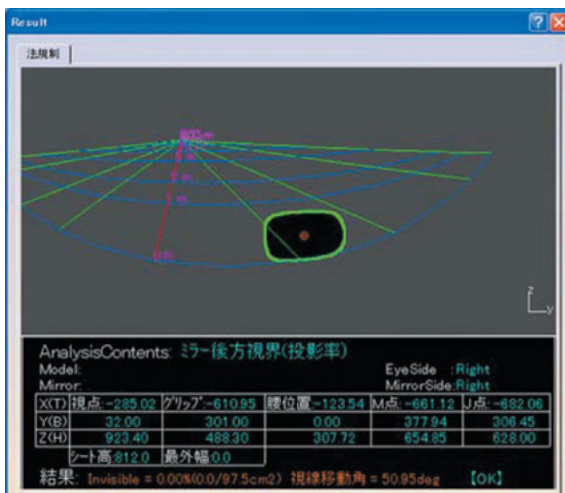


Fig. 10 Before mirror adjustment

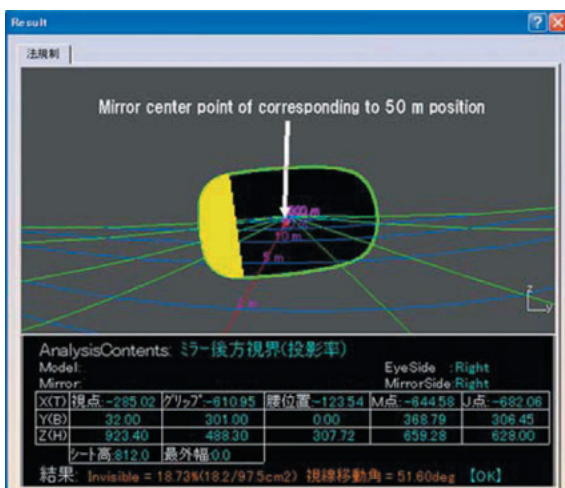


Fig. 11 After mirror automatic adjustment

■ 著 者 ■



矢萩 幸一



山田 弘展