

論文・解説

15

## Self-empowerment Driving Vehicle の開発 Development of Self-empowerment Driving Vehicle

柄岡 孝宏<sup>\*1</sup> 田内 一志<sup>\*2</sup> 前堂 勝久<sup>\*3</sup> 山本 友也<sup>\*4</sup> 和泉 知示<sup>\*5</sup>  
 Takahiro Tochioka Kazushi Tauchi Katsuhisa Maedo Tomoya Yamamoto Tomoji Izumi  
 石崎 大智<sup>\*6</sup> 富井 圭一<sup>\*7</sup> 任田 功<sup>\*8</sup> 岩瀬 貴志<sup>\*9</sup>  
 Daichi Ishizaki Keiichi Tomii Isao Toda Takashi Iwase

### 要 約

マツダのコーポレートビジョンは「多くの人々にカーライフを通じて人生の輝きを提供します」とうたっている。これは障がいをもたれた方々も例外ではなく、クルマを愛する全ての人々のために、どんな困難にも独創的な発想で挑戦し続け、「走る歓び」により生き生きとした豊かな人生を提供するための宣言である。Self-empowerment Driving Vehicle は、上記に基づき、障がいをもたれた方々もご自身の運転操作で安心安全に移動することを通じて、日常生活で人生の主役となれるよう、また自己選択を行い生活や環境をコントロールできるよう、自分らしくありたいと願う「あなた」を尊重・大切に支援することを目指している。本稿では、限定免許をお持ちの方の中で多くを占める、両手は使えるが下肢に障がいをもたれた方々への支援に焦点を当てた技術開発について紹介する。

### Abstract

Mazda's Corporate Vision states that we brighten people's lives through car ownership. This statement means that we aim to brighten lives of all car lovers including people with disabilities and will continue to tackle challenges with creative ideas and offer cars that provide driving pleasure and help people lead fulfilling lives. Based on the above, we developed a Self-empowerment Driving Vehicle that provides people with disabilities with safe/trusted travel by their own driving operation. Through this vehicle, we are committed to respect/care for and support people with disabilities who would like to live life in their own way so that they can play a main role in their daily lives and control their lives and environment by self-selection. In this paper, we will introduce the technological development which focuses on the lower limb handicapped people who can do driving operation by using both hands, which accounts for the majority of holders of driver's license.

**Key words :** Self-empowerment Driving Vehicle, Self-Operated Vehicle, Access Board, Autonomous Valet Parking, Wheelchair

### 1. はじめに

約 60 年前、マツダは手動運転装置を開発、R360 クーペに搭載し販売していた。3 代目社長松田恒次は足が不自由であったこともあり、全ての人にクルマを運転する当たり前の幸せを提供するために、手動運転装置を開発したという記録が残っている。Self-empowerment

Driving Vehicle は、松田恒次社長の思いを継承し、約 60 年の時を経て最新の技術で蘇らせたものである (Fig. 1)。

開発を始める前に、多くの下肢障がい者の方へ困りごとのヒアリングを実施した。そして、多くのお客様に共通する困りごとの解決と、マツダがお届けしたい価値「走る歓び」を実現するために、「運転」「クルマへの乗り込み」「車いすの積み込み」のシーンに焦点を当てて開発を

\*1~2 技術企画部  
Technology Planning Dept.

\*4 E&T ボデー・シャシー設計部  
Body & Chassis Engineering Dept.

\*8~9 企画設計部  
Architecture Design Dept.

\*3 E&T 車両性能開発部  
Vehicle Performance & Research Development Dept.

\*5~7 統合制御システム開発本部  
Integrated Control System Development Div.



Fig. 1 R360 Coupe Manual Driving Device

進めた。各シーンに共通する開発思想は以下3点である。

- ・安全安心である。
- ・使いやすさを極めるために、人間中心で考える。
- ・低価格で提供する、個人の能力を発揮していただくために、過剰な支援は避ける。

なお、ベース車両はMX-30を選択した。これはMX-30のコンセプト「私らしく生きる」とSelf-empowerment Driving Vehicleの目指す姿が合致すること、及びMX-30の特徴であるフリースタイルドアの開口の広さを活用し、服を汚さずスマートで筋負担の少ない車いすの積み込み方式を新たに提案できる可能性があると考えたためである。(詳細は2.3で記載)

各シーンとそれを支援する装置の関係は以下である。次章で装置ごとに具体的に説明する (Table 1)。

Table 1 Scenes and Devices

Scene	Device
Driving	Ring type accelerator
	Push type brake・Elbow pad
Loading	Rear electric door
	Lightweight wheelchair
	Attachment
Boarding	Access board

## 2. 装置の紹介

### 2.1 リング式アクセル

市場には片手でハンドル操作をするさまざまな手動運転装置が存在するが、今回は両手での運転操作頻度を高めることができるリング式を採用した (Fig. 2)。両手で運転することは、ハンドル操作性や上半身の姿勢保持性の向上、サンバイザーの操作やドリンクを飲むことが運転中に可能になる等の利点があると考えている。

リング式アクセルは、ハンドルの内側にリングを設け、これを親指もしくは母指球で押し込むことで加速する構造である (Fig. 3)。通常、ハンドルを握る際に親指と母指球は大きく寄与しない。すなわち、押し込み方式を採用することでアクセル操作とハンドルをしっかり握ることの両立を可能とした (Fig. 4)。



Fig. 2 Ring Type Accelerator Device



Fig. 3 Pushing Operation Image

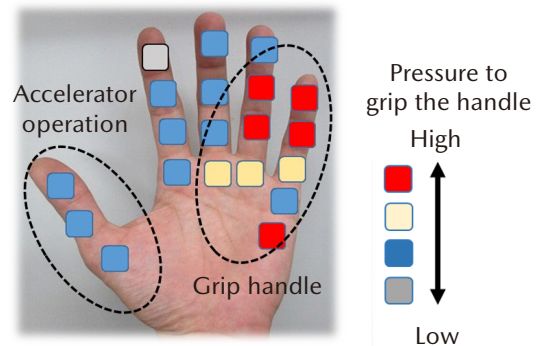


Fig. 4 Pressure Distribution Image

また、リングはハンドルと同心円となるようにレイアウト設計した。これにより、ハンドルを持ち替えて違う場所を握ってもハンドルから同じ位置感覚にリングがあるため直前の押し込み量を再現しやすくなることと、仮にリングがない場所を握ったとしてもハンドル形状を頼りにリングを直ぐに探せることに配慮している。なお、リング式アクセルはMX-30本来のエアバック性能、メーターの視認性を阻害することのないようレイアウト設計されている。

また、リング式アクセルと通常のフットペダルアクセルは容易に切り替えが可能となっている。これにより、旅行などで遠出をするようなシーンでは家族や友人と容易に運転を代わりながら同じクルマで一緒にドライブを楽しむことができる (Fig. 5)。

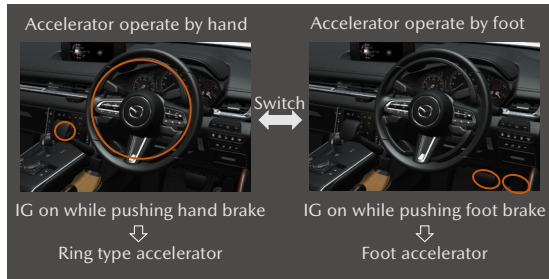


Fig. 5 Switching Image

基本構造については以上で、更に「意のままに操れて気持ちがいい、また運転したい、出かけたい」と思っただけのよう「操作に慣れるためのコツがつかみやすく、滑らかに上手く運転しようとする誰もがもつ願望に対して応えることのできる操作システム開発」に注力した。その具体的事例を以下に示す。

(1) 操作量に対する加速度の最適化

リング式アクセルの押し込み量は、押し込み時に使う腕の筋負担を考慮し、筋負担が極端に大きくなることのない最大 18mm に設定した。しかし、これは足の押し込み量約 50mm に対して小さいため、手の操作をそのまま車両に入力すると加速度が過敏になり、滑らかな操作が難しくなる。そこで、リング式アクセルと車両本体との間に中間制御ユニットを設け、押し込み量に対する加速度が穏やかになる方向に最適化した (Fig. 6)。

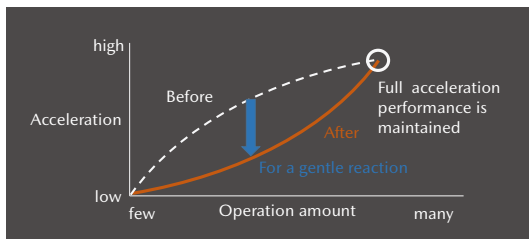


Fig. 6 Optimized Image

また、狭い駐車場のよう、更に繊細な操作が必要となるシーンに対しては、より緩やかな加速度となる SLOW スイッチをハンドル横のインパネ上に設置し、シーンに合わせて素早く切り替えができるようにした。

(2) 直感的アクセルコントロール

交差点の右左折・立体駐車場のスロープのような舵角が大きくなるシーンでは、ハンドルの持ち替えと、アクセルの押し直しが同時に発生する。このようなシーンでは一定速度を維持するための押し込み量が瞬時に分らないと滑らかな操作が難しい。そこで、押し込む際に最初の一定量は加速がゼロ (定速)、更に押し込むと大きな加速、この間に操作の基準となる明確な段差 (当たり) を感じられるように設計した。またこのあたりは、定速走行のしやすさ向上、発進する際の緩やかな加速度による安心感にも寄与する (Fig. 7)。

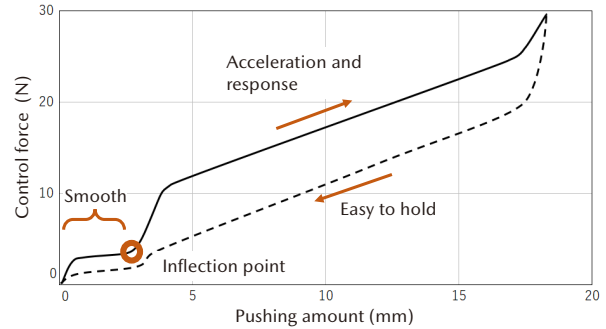


Fig. 7 Intuitive Accelerator Control Image

2.2 プッシュ式ブレーキ・肘当て

プッシュ式ブレーキは、緊急時において“瞬時”に“しっかりと”ブレーキをかける必要があるため、ブラインド操作ができるとともに、肩を支点に筋力が発揮しやすい位置と角度を採用した。また“細かな操作”を実現させるために肘当てを設置し支点を作り、肘から先での細かなブレーキ操作を実現した。支点を設ける考えはオルガン式アクセルペダルと同様で、支点を作ることによって微妙なペダルワークができる考え方を踏襲している。なお、プッシュ式ブレーキは、十分な足元スペースの確保と、シートの前後スライド量を阻害しないことを考慮しレイアウトされている (Fig. 8, 9)。

また、プッシュ式ブレーキにはハザードスイッチとシフトアップダウンスイッチを搭載し、ブレーキ操作と同時にこれらの操作が手元でできるようにしている。シフトアップダウンスイッチは車両が EV の場合、シフトダウンすることで回生を強め、ブレーキ操作の頻度を低減し、両手で運転する頻度を高めることも可能となっている (Fig. 9)。

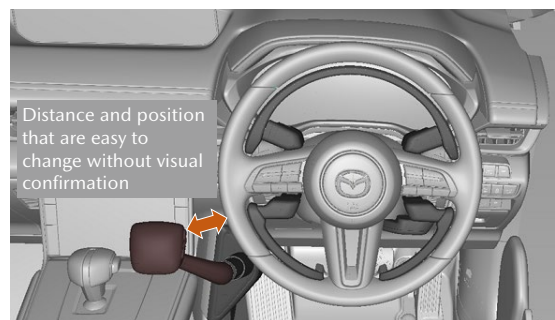


Fig. 8 Brake Device Layout

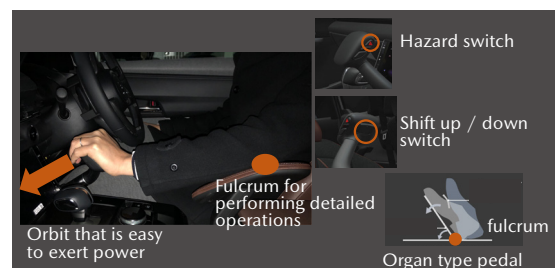


Fig. 9 Brake and Switch Device Layout

### 2.3 リア電動ドア

車いすの積み込みは、フリースタイルドア（Bピラーレス）の特徴を活かし、運転席のシートを倒しお腹の上を通す一般的な積み込み方式ではなく、運転席後ろの開口部を通すことで服を汚さずに積み込める新たな方式を提案している（Fig. 10）。

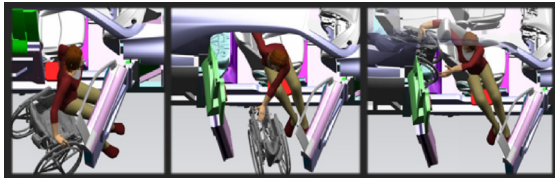


Fig. 10 Loading Image

この際、車内からリアドアの開閉をする必要があるが、小柄な方だと手が届かない可能性がある。これに対処するためにリアドアを電動化した。スイッチは車内からでも外からでも操作できるよう2箇所に設置した。また、挟まれる危険を回避するためにドアを閉じる操作と閉じ切る操作の2段階方式を採用した（Fig. 11）。



Fig. 11 Operation Switch Layout (2 places)

### 2.4 軽量車いす

2.3節で前述した積み込み方式であっても、片手で車いすを持ち上げる点、ドア開口やシートを避けなければならない点は一般的な方式と同様であり、車いす利用者にとって身体的負担が十分に小さいとは言いがたい。この負担の一番の要因は、車いすの重量にある。更に、積み込みに要する時間の長さも負担が増加する一因となっている。そこで、車両という限られたスペースに素早く積み込むため、軽量、かつコンパクトに畳める車いすを新たに開発し、積み込み時の負担を軽減することを目指した。

軽量化を実現するために、車体骨格構造の徹底したシンプル化と、CFRPへの材料置換に取り組んだ。更に、シート部（座面と背もたれ）を着脱式とし、そのフレームを車体の剛性部材として機能させることで、1ユニットの重量が3.5kg以下、すなわち女性が片手でも楽に持ち上げられる軽さを実現すると同時に、車体部をコンパクトに折り畳むことを可能とした（Fig. 12）。

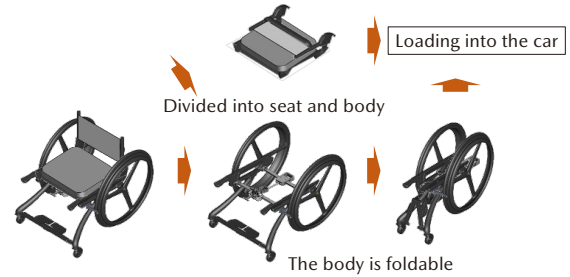


Fig. 12 Lightweight Wheelchair

### 2.5 アタッチメント

2.4節で前述した車いすを、2.3節で前述した積み込み方式で後席上に積み込むにあたり、以下の3つを目的としてアタッチメントを開発した。

- ・車いすを、楽に、素早く安全に積み込むためのサポート
- ・積み込み後の車いすによるリアシートの汚れ防止
- ・走行中の車いすのガタつき／飛び出しの抑制

アタッチメントの構成要素は4つであり、各機能は次のとおりである。①車いす車体部の車内への誘導と走行中の保持を担うフレーム、②車いすの前輪の保持と定位置への格納の目視確認ができるキャストトレー、③リアシートの汚れを防止するシートカバー、④車いすシート部の後席足元へのスムーズな出し入れと走行中の保持を担うシートトレー（Fig. 13）。また、後席乗員数が増えた場合にアタッチメントを素早く取外せるよう、車両への固定は、着脱が容易なISO FIX ラッチコネクターを活用している。

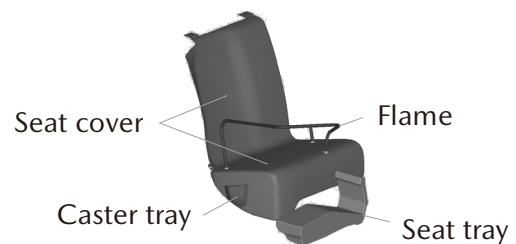


Fig. 13 Attachment

### 2.6 アクセスポード

車いすからクルマへの乗り込みを支援する装置は、ボード式、回転式、リフトアップ式等が市場に存在する

が、両腕をある程度動かすことのできるお客様を想定した場合、支援の程度が過剰でなく、乗り込みに要する時間が最短となるボード式を採用した (Fig. 14)。




			
	Board type	Roll seat type	Lift up seat type
Degree of support	Appropriate	Excess	Excess
Time	Short	Long	Long

Fig. 14 Device Comparison

アクセスボードを用いた乗り込み手順を示す。①片方の手をアクセスボードに突き、もう片方の手は車いすアームレストもしくはフレームに突いた状態でお尻を持ち上げる。②手を突いているアクセスボード上に移動しお尻を預ける。③上半身、お尻を車内に入れ、④車両シート上のお尻を中心に回転し足を車内に入れて乗り込み完了となる。この一連の動きを考慮し、アクセスボード形状に求められる要件は、お尻と手が同時にしっかりと付ける面積を確保しつつ、足入れ軌跡の邪魔にならないことと定義し、これらを満足する形状を採用した。高さについても、車いす・車両シートの地上高を踏まえ、安全かつ楽に乗り込めることに配慮し設計した (Fig. 15)。

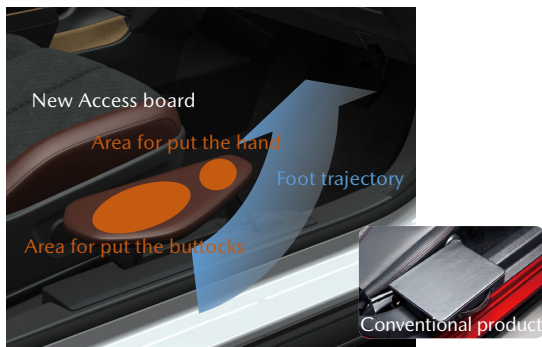


Fig. 15 Access Board

なお、ドアトリムとの干渉を防ぐために取り外し不要な折り畳み構造を採用している。また、折りたたむ際にはサイドエアバックの性能を阻害しないよう、前方向にワンプッシュで折りたたむ構造を採用した (Fig. 16)。



Fig. 16 Folding Structure

## 2.7 デザイン

本開発にあたり、上記装置を搭載したとしてもMX-30が本来もつ世界観を阻害することなく、インテリアデザインをお客様に楽しんでいただきたいと考えた。そこで全ての装置はMX-30のインテリアのこだわりである「空間の抜けを感じさせるパーツや、自然な風合いの素材にこだわり、開放感と安心感に包まれる空間」に調和した形状、材質、色調とした (Fig. 17)。



Fig. 17 Design Image

## 3. 将来に向けた乗降を支援する技術開発

最後に、クルマへの乗降を支援するための取り組みとして自動バレーパーキングシステムの開発を紹介する。車いす利用者にとって駐車や乗り降りのシーンにはさまざまな障害が存在しており、自由な移動の妨げになっていることが「1. はじめに」に記載したヒアリングで分かった。例えば駐車スペースが狭く乗り降りができない、専用駐車スペースにパイロンが置いてあり乗り降りを2度繰り返す必要がある、電気自動車の場合は急速充電口に近づくだけの十分なスペースが確保できない、広い駐車スペースを見つけることができたが目的地まで遠い等の事象が挙げられる。これらを少しでも解決するために自動バレーパーキングシステムの開発に取り組んだ。バレーパーキングとは一般的に駐車を係員にお任せできるサービスのことをいう。自動運転技術を活用することで、クルマが自動運転で広い場所に迎えに来る、もしくは広い場所で降りて指定の駐車場に停車してくれることを実現し、そもそも駐車する行為からお客様を解放することで上記障害を回避しようとしたのが自動バレーパーキングシステムである。自動バレーパーキングシステムは大きく4つの技術で構成されている。

### (1) 危険を認知判断し回避する技術

超音波センサーを用いて周囲の障害物 (距離・方位) を検出し、危険を察知すると自動で停車し衝突を回避する (Fig. 18)。

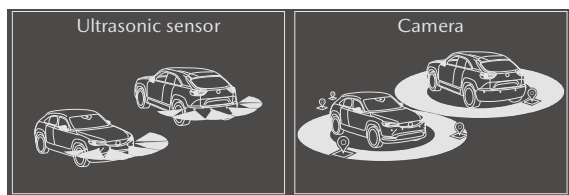


Fig. 18 Sensor Layout

(2) 自車の位置を知る技術

準天頂衛星システム (QZSS<sup>\*1</sup>) を用いた cm オーダーの測位システムにより、高度な駐車制御を実現した。また、ランドマークの位置情報を用いることで、衛星の電波が届かない屋内でも高精度な位置推定を可能としている。更に、ランドマークの位置情報が読み取れず、衛星の電波も届かない場合は車速、ヨーレート (回転角速度) を組み合わせて位置推定を行う (Fig. 19)。

<sup>\*1</sup>QZSS は、準天頂衛星システムサービス (株) の登録商標です。

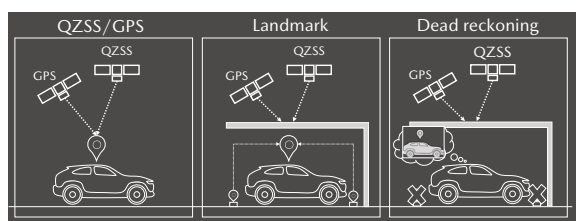


Fig. 19 Position Estimation Function

(3) 自動で走る技術

管制センターの配信情報から誘導経路を生成し、経路に対して車両の特性を踏まえた挙動を予測し、滑らかに制御することで、人間の運転に近い安心感のある車両運動を実現した (Fig. 20)。

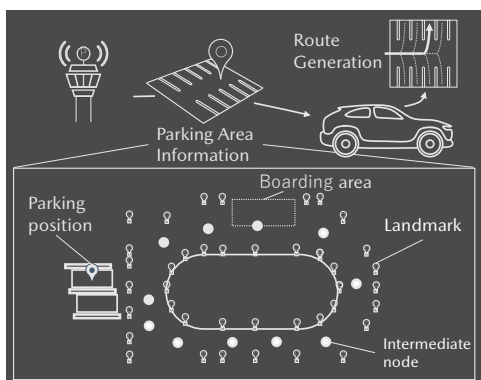


Fig. 20 Self-Driving Function

(4) ドライバーとつながる技術

広い場所での乗降前後に、迎えに来るもしくは駐車への指示が遠隔から可能なスマートフォンを用いた操作端末を開発した。端末のインターフェースは「誰でも使える」を目指して、「誰でも押せる」ボタン寸法、「誰でも読め

る」フォントサイズ、「誰でもわかる」インタラクションの設計を行った (Fig. 21, 22)。

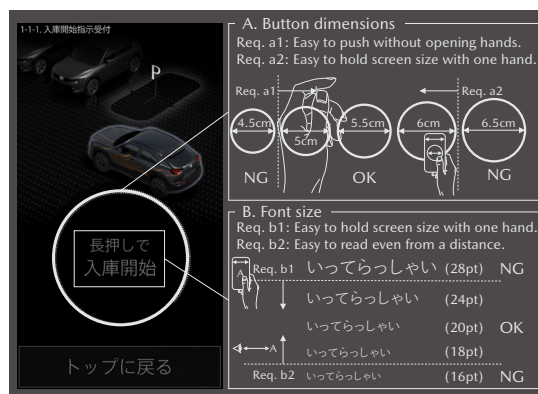


Fig. 21 Button Design



Fig. 22 Message Design

上記自動バレーパーキングシステムのような乗降及び駐車を支援する機能は、今回の技術開発で得た知見を活かし、まずは駐車枠周辺での支援から市販化を目指したい。その後、歩行者等が侵入しないクローズドな駐車スペース、専用の乗降スペース、各車の走行を管理する管制センター等のインフラ整備状況、さまざまな駐車場で安全に走行できる車両側の技術開発が整い次第、駐車場全体での支援機能として自動バレーパーキングシステムを提供したいと考えている。

4. おわりに

本稿では、Self-empowerment Driving Vehicle における、下肢に障がいをもたれた方に焦点を当て支援するための技術開発について紹介した。今後も下肢に障がいをもたれた方への支援の更なる改善を継続すると同時に、対象とするお客様を拡大することで「多くの人々へカーライフを通じた人生の輝きの提供」の実現に引き続き取り組んでいく所存である。

### 参考文献

- (1) JIS Z 8520-2008：人間工学—人とシステムとのインタラクション—対話の原則：日本規格協会，(2008)

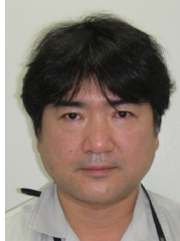
#### ■著者■



梶岡 孝宏



田内 一志



前堂 勝久



山本 友也



和泉 知示



石崎 大智



富井 圭一



任田 功



岩瀬 貴志