

ロボット芝刈り機 Miimo HRM3000 の開発

Development of Robotic Lawnmower Miimo HRM3000

大 窪 晋*

Susumu OKUBO

蟹 沢 拓 哉*

Takuya KANISAWA

川 西 健 太*

Kenta KAWANISHI

百 澤 大*

Dai HYAKUSAWA

山 村 誠*

Makoto YAMAMURA

要 旨

効率よく芝刈り作業をおこなうことができ、設置、清掃、操作が容易なロボット芝刈り機を開発した。

芝刈り作業に必要な時間を短くするため、作業境界において、効率の良い巡回方式とした。

また、芝刈り機の汚れを取除く作業を軽減するために、ロボット芝刈り機では世界初となる流水洗車可能な防水フレームとした。

従来のロボット芝刈り機では、充電のためのドッキングステーションの設置場所は限定的であったが、できるだけ自由な場所に設置したいニーズに対応するため、任意の角度でドッキングステーションに帰還可能なシステムとした。

さらに、親しみのある外観デザインを有し、スマートフォンと連携できる商品とした。

ABSTRACT

A robotic lawnmower has been developed that mows lawns efficiently and simplifies placement, cleaning, and operation.

It uses an efficient method for turning within the mowing boundaries to shorten the time required for mowing.

In addition, in order to facilitate mower cleaning, the robotic lawnmower is the world's first to be given a waterproof frame that is washable with a garden hose.

Also, whereas existing robotic lawnmowers have limited options for where to place the docking station for charging, this robotic lawnmower was enabled with a system for returning to the docking station from any angle in response to user demand for as much freedom as possible in station placement.

Furthermore, the mower has a likable exterior design and can be linked with smartphones.

1. ま え が き

芝刈り作業は労働として捉えられ、余暇を過ごす時間の確保が芝刈り機に求められている。

Honda は、2012 年にロボット芝刈り機 Miimo HRM300 と 500 を発売した。その後 2015 年と 2016 年にモデルチェンジをおこない、モデル名を HRM310K1 と 520K1 (以下、従来モデルと称する) に改めている。

発売以来、従来モデルは労力と時間をかけずに芝地を綺麗に保つというニーズに対応している⁽¹⁾。

ロボット芝刈り機が普及している欧州において、近年欧州メーカーの商品投入のみならず、中国メーカーも参入し、競争が激しくなっており、また、ロボット芝刈り機に対する様々な研究⁽²⁾もおこなわれている。

Honda は Fig. 1 に示す HRM3000 をプレミアムモデルとして新たに開発した。本報では、このモデルの特徴である、短時間での芝刈り作業技術、洗車可能な防水構造、ドッキングステーション設置の自由度向上の技術と新機能を紹介する。

* パワープロダクツ R&D センター



Fig. 1 Robotic lawnmower Miimo HRM3000

2. 開発のねらい

開発に先だって、欧州での市場調査をおこない、ユーザが現状のロボット芝刈り機に対し、求めているものや不満点を解析した。

その結果下記4項目のニーズが高いことが分かった。

- (1) 自動走行しながら芝刈り作業をする本体（以下モアと称する）での芝刈り作業を短時間にし、花壇や植栽の手入れの時間や、子供と庭で遊ぶ時間を増やしたい。
- (2) モアの刈り取り部や裏側に刈り取り後の芝が付着しやすく、清掃に労力を要するので、それを簡単にしたい。
- (3) 盗難への心配や庭の景観を美しく保つため、目につかない場所にドッキングステーションを設置したい。
- (4) 購入後の作業時間設定や、モアの予期しない停止等のトラブル発生時の復帰操作を簡単にしたい。

これらのユーザニーズをふまえて、HRM3000 では下記を開発のねらいとした。

- (1) 芝刈り作業時間を従来モデルに対し短縮
- (2) 水道ホースでモアの洗車が可能
- (3) ドッキングステーション設置場所の自由度拡大
- (4) 簡単で分かりやすい操作方法

3. 構成とデザイン

3.1. HRM3000 の構成

HRM3000 は、Fig. 2 に示すように前述のドッキングス

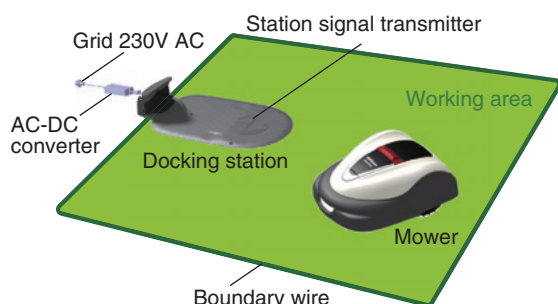


Fig. 2 Robotic lawnmower configuration

Table 1 Comparison of specifications

Model	HRM520K1	HRM3000
Overall length (mm)	645	710
Overall width (mm)	550	
Overall height (mm)	275	301
Wheelbase (mm)	300	326
Mass (kg)	11.9	13.8
Wheel diameter (mm)	Front	100
	Rear	200
Forward speed (m·s ⁻¹)	0 - 0.55	
Trimming width (mm)	220	250
Trimming height (mm)	20 - 60	
Blade rotating speed (min ⁻¹)	2500	2290
Blade type, Number of blades	Swing-back type, 3 blades	
Motor performance (W)	For driving	10.8 x 2
	For mowing	28.8
	For trimming height adjust	-
Battery	Type	Li-ion
	Capacity	22.2V x 3.6Ah
Sound power level (dB(A))	60.5	59

テーションとモアで構成されるが、ドッキングステーションは、作業境界を設定する境界ワイヤへの信号と、ドッキングステーションの位置を示すステーション信号などを発している。

モアの構成図を Fig. 3 に、従来モデル HRM520K1 との諸元比較を Table 1 に示す。モアは、刈り取り作業用のブレードと走行用の左右後輪を駆動する三つのモータおよび刈り高さ調整用モータ、電源となるバッテリー、モアの動作をコントロールする制御ボードで構成される。また、機器の状態表示や作業設定を入力するディスプレイと、境界ワイヤ信号やステーション信号の磁界を捉えるエリアセンサを備える。ユーザはモアのディスプレイで設定や操作をおこなえるが、制御ボード上の Bluetooth[®] による無線通信を用いてスマートフォンでも操作ができる。また、後述するようにスマートフォンだけでおこなえる機能を追加した。

3.2. デザイン

3.2.1. 基本概念

Honda のロボット芝刈り機ブランドを明確に訴求することを目指した。Fig. 4 に示す基本概念のイメージにあるように、感性的な付加価値として、プレミアムモデルの高級感の訴求と、ユーザに親しみや愛着をもって使ってもらえるデザインとした。

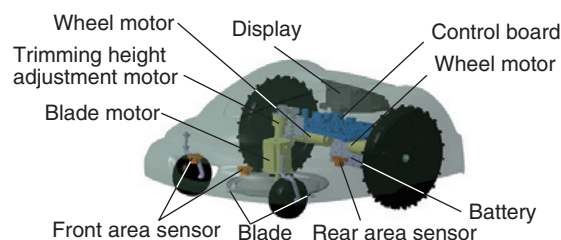


Fig. 3 Mower components

3.2.2. モアのデザイン

ロボットに対して人間が親しみや愛着を持つための要因として、外観形状以上にそれらの動きに生物感を感じることが人間との親和性を高めるのではないかと仮説を立てた。これを基に、4.1.1. 項で述べるモアのスムーズターンが生物感を感じさせることに着目して、Fig. 1 に示すようにその動きを想起させる有機的な曲線で構成されるスタイリングとした。また、カラーリングは、ラインナップ全体としてのロボット芝刈り機ブランド訴求拡大のため、従来モデルを踏襲する構成とした。

4. 技術と新機能の紹介

4.1. 作業効率の向上

芝の高さを設定どおりに維持しつつ短時間で作業を完了するためには、作業エリアの全体をくまなく、かつ効率よく芝刈りすることが必要である。そこで、モアの刈り幅を大きくするとともに走行方式を改良することで短時間の芝刈り作業を可能とした。

4.1.1. スムーズターン

作業エリアの形状は簡単なものから複雑なものもあるため、モアは場所によって繰り返し走行してしまうことがある。その場合にはより多くの刈り取り時間がかかってしまう。そのため、従来モデルは、作業境界到達時、旋回角度にランダム性をもたせることで隅々まで走行できるようにした⁽¹⁾。この走行方式では Fig. 5 (a) に示すように、作業境界にたどり着いた時に停止する。その後、旋回動作に移行するので、停止動作により、時間が余分に必要となる。そこで、より短時間で芝を刈り取るために Fig. 5 (b) に示す停止動作を無くしたスムーズターン動作を取入れた。

スムーズターンは作業境界近傍で減速しながら、ランダム角度分旋回動作をおこない走行する。境界ワイヤから発せられる磁界強度をモアの前方エリアセンサで受信

し、境界ワイヤまでの距離をもとめて旋回を開始することで作業境界の際を走り抜ける動作となる。この動作によって旋回時の停止によるロスを低減し、短時間での作業が可能となる。

スムーズターンにより、停止時間のロスを低減することができるが、作業境界上や角地の芝が刈り残される場合がある。そこで、まんべんなく作業エリアを走行させるため、Fig. 5 (c) に示すように旋回方式 (a) と (b) を組み合わせる。そして、旋回方式を切り替える時間を設けた。以下これを組合せ旋回と称する。その切り替え時間と旋回角度の範囲をパラメータとし、さまざまな形状のエリアで効率的に走行する値をシミュレーションで求めることにした。庭形状は Fig. 6 に示すような欧州の業界規格⁽³⁾で定められているものをシミュレーションに用いた。作業効率は作業境界内の 95% を通るまでの時間としている。結果として、Fig. 7 に示すように組合せ旋回方式は、従来モデルより作業効

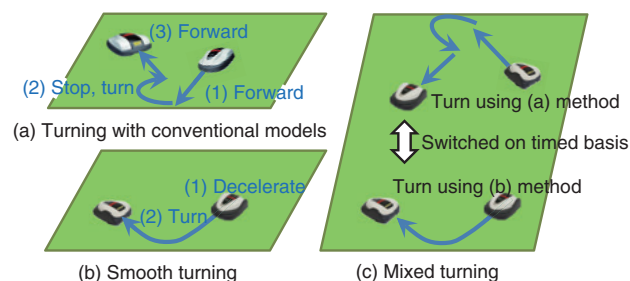


Fig. 5 Turning method

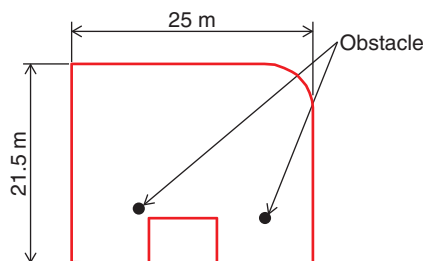


Fig. 6 496 m² working area



Fig. 4 Basic concept illustrations

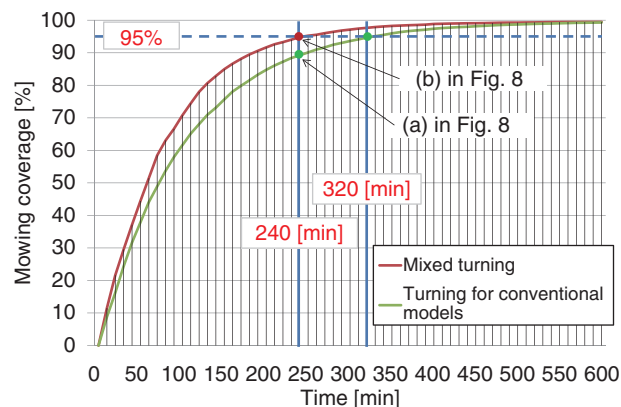


Fig. 7 Simulation results

率が 20% 以上向上することが確認された。

Fig. 8 は、二つの旋回方式におけるシミュレーション時間 240 分での作業エリアの塗りつぶし結果を示す。ここで芝刈りしていないところを黒色、1 回しか刈っていないところを黄色、2 回以上を赤で示す。

4.1.2. 刈り幅

短時間での作業を実現するには、刈り取り量も重要となる。刈り取り量は刈り幅を大きくすることで得られるため、従来モデルの 220 mm から 250 mm に変更した。また、刈り幅を大きくすることでブレード回転速度を低回転に設定することができ、刈り取り量の増加と低騒音化を両立させることができる。その結果、Table 1 に示すように音響パワーレベルを従来モデルに対して同等以下に抑えることができた。

4.1.3. 効率向上結果

シミュレーションにより求められたパラメータを HRM3000 に搭載し、実際に芝地を走行させた。モーションキャプチャで観察された走行軌跡の結果を Fig. 9 に示す。二つの方式とも作業範囲が庭全体の 95% に達する時間は、Fig. 7 に示すシミュレーションと一致した。よって、実際の芝地においても従来の走行よりも短時間の芝刈り作業を実現することができた。

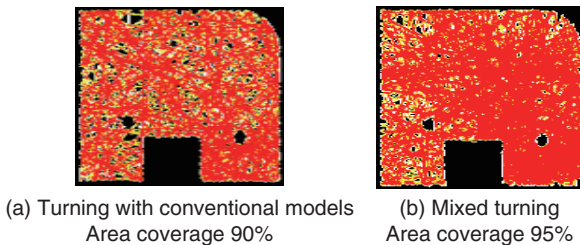
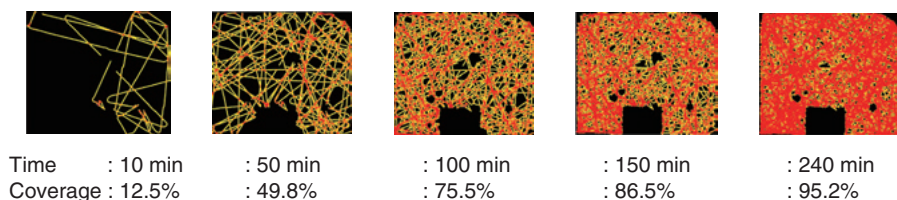


Fig. 8 Simulated mowing coverage at 240 mins.

HRM3000



Conventional model

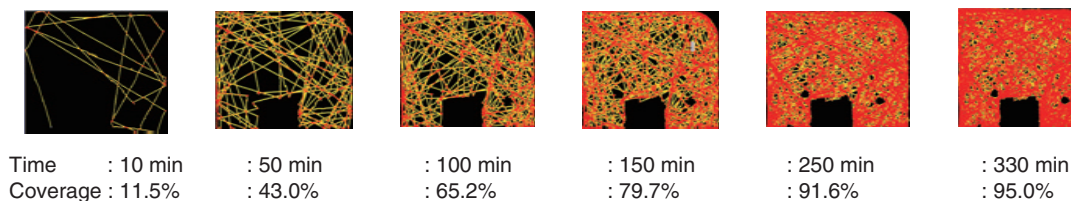


Fig. 9 Actual mowing coverage observed by motion capture

4.2. 洗車可能なモア

ロボット芝刈り機が自動作業を継続すると、Fig. 10 のようにモアの裏側に刈り取った芝が付着するため、取り除く作業が必要である。短時間で清掃するには、Fig. 11 のように、ガーデンホースなど流水による洗車が有効である。しかし、従来モデルおよび他社ロボット芝刈り機は、2016 年時点、流水に対する防水が保証されていない。そこで従来モデルに対して HRM3000 は、Fig. 12 に示すように、ブーツと防水通気フィルタを追加し、防水構造とした。さ



Fig. 10 Grass trimmings on mower underside



Fig. 11 Washing

らに、刈り高さ調整機構を電動化して、防水フレーム内で機構を完結することで、防水性の高い構造とした。

この構造によって、国際規格に規定された防水レベル⁽⁴⁾は、これまでのロボット芝刈り機の業界標準である「防まつ」を示すIPX4に対して、「防噴流」を示すIPX5を達成し、これにより世界初となるホース洗車可能なロボット芝刈り機を実現した。

4.3. ドッキングステーションの設置

盗難への心配や庭の景観を美しくしたいというユーザの要望はさまざまなため、庭ごとに適したドッキングステーションの設置位置が必要である。また、モアが芝刈り作業を継続するためには、バッテリーを充電するドッキングステーションに確実に帰還することが重要である。

従来モデルでは、境界ワイヤと平行なドッキングステーションの設置に限られていたが、HRM3000では、Fig. 13に示すようにユーザの要望に応えるため、境界ワイヤに対して垂直、奥まった場所、境界ワイヤの角地への設置も可能とした。

ドッキングステーションを自由に設置するためには、モアが任意の角度でドッキングステーションに帰還できることが必要である。そこで、ドッキングステーションにス

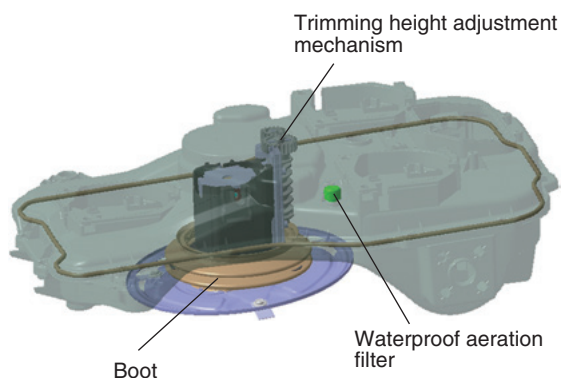


Fig. 12 Waterproof frame

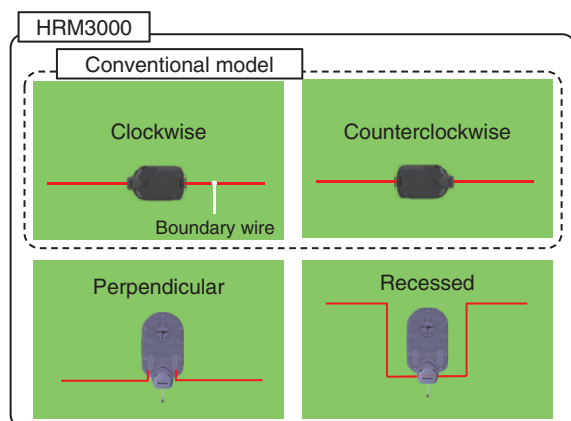


Fig. 13 Docking station placement

テーション信号システムを適用し、モアが任意の方向からステーション位置を認識できるようにした。

ステーション信号システムは、ドッキングステーション下側に円状のワイヤを設置し、常に周辺に均一な磁界信号を送信している。Fig. 14はステーション信号の磁界発生概念図である。

従来モデルはFig. 15に示すようにドッキングステーションに帰還するとき、境界ワイヤに沿って走行する。しかし、ステーション信号の磁界強度範囲が狭いことでステーションの近傍で認識かつ一方のみにしかステーションへ向かうことができなかった。

HRM3000は帰還時、Fig. 16のStep1に示すように境界ワイヤに沿って戻り、モアの前方エリアセンサでステーション信号を検出し、磁界強度が高くなる中心に向かう。これにより、任意の方向よりドッキングステーションに誘導できる。

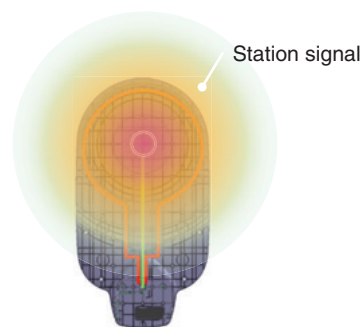


Fig. 14 Station signal magnetic field

Conventional model

Homing and docking

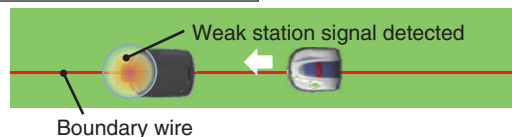
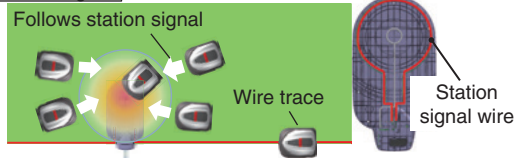


Fig. 15 Docking method of conventional models

HRM3000

Step 1: Homing



Step 2: Docking

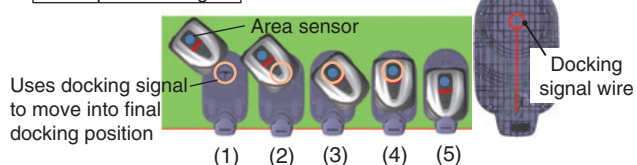


Fig. 16 Driving method when docking

最終的に Fig. 16 の Step2 のようにモアとステーションの充電端子を接続させるため、ドッキング信号をモアの後方エリアセンサが検知し、ドッキング信号の磁界強度の高い中心に到達させて、モアはドッキングステーションの充電端子まで帰還する。このステーション信号システムにより、よりドッキングステーションの設置自由度を向上させることができた。

4.4. スマートフォン連携機能

4.4.1. トラブルシューティング機能

ユーザがモアの状態を把握し、何らかのトラブルが生じているとき、どのように対応するべきかを表示する機能である。Fig. 17 に示す例のようにユーザがおこなうべき操作やディーラへの連絡が必要な場合はその指示を画面上に表示する。

4.4.2. トラブルレポート送信機能

Fig. 18 のようにスマートフォンを使って、モアからの故障履歴や設定情報を Honda のサーバ経由でディーラの製品診断システムに伝える⁽⁵⁾機能である。従来モデルのユーザは、モアが故障した時、ディーラに電話など口頭で状況を伝えていた。ディーラは、ユーザの庭に来て初めて正確な状況を把握することになるため、ユーザからの情報と実際の状況が食い違い、問題対応と解決までに時間がかかる場合があった。

故障履歴や設定情報などの正確な状態をあらかじめ伝えることで、ディーラは故障原因を推測し、ユーザの庭を訪

問する前に故障への対応ができる。定量的なデータとして伝えることで、正確な情報の共有と把握ができ、原因に対しての迅速な対応を可能とした。

4.4.3. スマートフォンアプリの GUI

デザインの基本概念に則り、ユーザが愛着をもち、かつ直感的に使える GUI(グラフィカルユーザインターフェース)とした。

商品に親しみが感じられ、かつ直感的に理解できる表現にするために、Fig. 19 のように Home 画面では現在のモアの状態表示を動きと表情のあるアニメーションによって表現した。また、Fig. 20 に示されるように、Home 画面上部のユーザが頻繁に視認する⁽⁶⁾位置に使用頻度の高い操作アイコンを配置し、操作利便性を高めた。

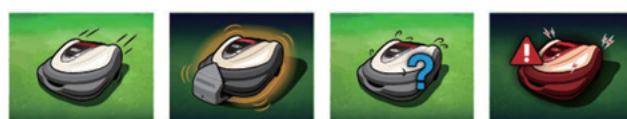


Fig. 19 Status indicators



Fig. 20 Home screen and icon design

Window shows user's next operations.

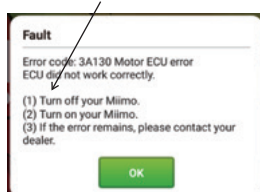


Fig. 17 Troubleshooting example

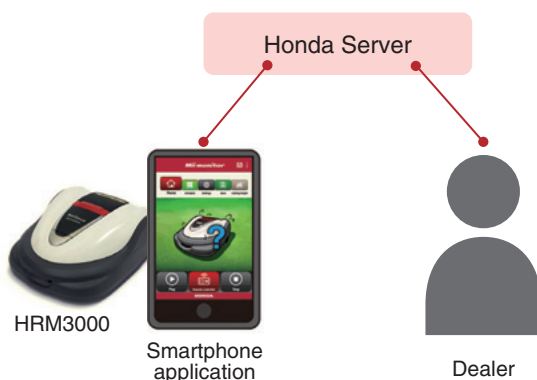


Fig. 18 Trouble reporting system

5. まとめ

ロボット芝刈り機ユーザの市場調査によって得たニーズに応えるため、下記の技術を開発した。

- (1) 短時間での芝刈り作業を可能にするスムーズターン
- (2) 水による洗車が可能な防水フレーム
- (3) ドッキングステーション設置の自由度を向上させるステーション信号システム

さらに、スマートフォンとの連携により、設定やトラブル発生時の対応が簡単におこなえる商品を提供することができた。

参考文献

- (1) 川上俊明, 小林浩, 山村誠, 丸山修平: ロボット芝刈り機 Miimo の開発, Honda R&D Technical Review, Vol.25, No.2, p.52-57
- (2) 島村秀明, 松井勇樹, Sebastian SCHMITT: ロボット芝刈り機の最適走行制御の研究, Honda R&D Technical Review, Vol.29, No.2, p.82-86
- (3) European Garden Machinery Industry Federation: EGMF ROBOTIC MOWERS PERFORMANCE EVALUATION STANDARD RLM004-1.0/2016 第4.2 項
- (4) 国際電気標準会議 IEC60529: 2001 第6 項
- (5) 土橋学, 山村誠, 三輪あさぎ, 山中真: マルチプロトコル自動認識技術を用いた汎用製品診断システム, Honda R&D Technical Review, Vol.20, No.2, p.88-92
- (6) <https://www.nngroup.com/articles/f-shaped-pattern-reading-web-content-discovered/>, 2006/April/17

■ 著 者 ■



大 窪 晋



川 西 健 太



山 村 誠



蟹 沢 拓 哉



百 澤 大