

## 招待論文

# 未来パーソナルモビリティ i-unit

Toyota i-unit: Future "Personal Mobility"

トヨタ自動車株式会社 統合システム開発部 主担当員  
森 田 真 Makoto Morita

富士通テン株式会社 CI本部 音響事業部 音響技術部  
本 島 訾 Akira Motojima

1

## はじめに

i-unit（図1）は2005年日本国際博覧会（愛称：愛・地球博）のトヨタグループ館に出演した一人乗りのコンセプトカーである。同館のメインショーでは、21世紀の「モビリティの夢、楽しさ、感動」をテーマに、12台のi-unitとダンサーによるショーにより未来交通社会のイメージを訴求した。



図-1 i-unit  
Fig.1 i-unit

2

## パーソナルモビリティについて

### 2.1 パーソナルモビリティの特徴

パーソナルモビリティの特徴は、(1)車両を人の大きさに近づける事で移動を容易にし、かつ渋滞や駐車スペースの問題を軽減できる。(2)車体の小型化により道路から人の移動空間（屋内、歩道）まで乗り換えなくシームレスな移動を可能にする。(3)小型軽量の車体により、一般車両と同等以上の移動の自由度を確保したまま、移動するためのエネルギーと環境負荷を低減する事ができる。という点である。

### 2.2 パーソナルモビリティの狙い

これらからパーソナルモビリティの狙いを、(1)「人間」：人の意のままに、人の移動空間までシームレスに移動。(2)「環境」：各種環境負荷を大幅に軽減。(3)「安全」：事故の無い交通社会の実現。の3点とした。

3

## i-unitのコンセプトと概要

### 3.1 コンセプトおよびテーマ

コンセプトは「人間の拡張」。テーマは「Inspire the Individual」。単なる車の小型化ではなく、乗る事により人間の能力や機能が拡がるといった人からの発想に重点を置いて開発を行った。

### 3.2 デザインテーマ

デザインテーマは「葉」とした。葉の持つ太陽の光を命のエネルギーに換える未知の力や、生物の持つ合理性、シンプリシティ（無駄の無い機能美）を表現することを狙った。これは、愛・地球博のテーマ「自然の叡智」にも通ずる。

### 3.3 基本パッケージ

人の移動空間から車の移動空間までシームレスな移動を実現するため、場所に応じて車両の姿勢を変化させる「可変スタイルシステム」を開発した。「低速姿勢モード」（図2左）では人が立って歩く姿勢に近くなり、人と同じ高さの目線で無理なく人と混在して移動できる。「高速姿勢モード」（図2右）ではコンパクトスポーツカーのような姿勢に変化し、低重心の安定した操縦性を確保している。



図-2 i-unit (左: 低速姿勢モード、右: 高速姿勢モード)  
Fig.2 i-unit (Left: upright position in low-speed mode, Right: reclined position in high-speed mode)

### 3.4 主要諸元

i-unitの主要諸元を表1に示す。

表-1 主要諸元  
Table 1 Major specifications

全長(mm)	低速姿勢モード	1,100
	高速姿勢モード	1,800
全高(mm)	低速姿勢モード	1,800
	高速姿勢モード	1,250
全幅(mm)		1,040
ホイールベース(mm)	低速姿勢モード	540
	高速姿勢モード	1,300
トレッド(mm)	フロント	850
	リヤ	830
車両重量(Kg)		180
最小回転半径(m)(車両最外側)		0.9(その場回転時)
駆動方式	インホイールモータ(リヤ)	
バッテリ種類	リチウムイオンバッテリ	

## 4

## 主な特長【人間】

### 4.1 小型ボディによる移動性の向上

軽量・コンパクトボディにより、人と車の移動空間をシームレスに移動可能。また、駐車や移動のための占有空間・消費エネルギーを低減している。

i-unitの平面積（低速姿勢モード時）は、コンパクトカー「ヴィッツ」の18%，2003年発表の「PM」の45%である。（図3）

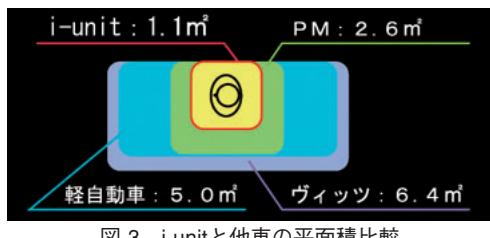


Fig.3 Comparison of planar dimension between i-unit and other vehicles

### 4.2 ドライブバイワイヤシステム

低速姿勢モードでは人と同じような動きができる、また高速姿勢モードでは車として安定して操縦できるようにするために、新たな操作機構やドライブバイワイヤ技術を用いた駆動制御方式を開発した。

#### 4.2.1 操作機構

i-unitは小型車である事と車両前方からの乗降性を確保するため、片手で現状のステアリングホイールとアクセル・ブレーキペダル機能の操作が可能なドライブコントローラ（図4）を新規開発した。

ドライブバイワイヤ技術により、自然な操作で、その場回転から高速走行まで意のままに操縦が可能。前に倒せば前に進み、左に回せば左に曲がる。片手で加減速と操舵の両方の操作が可能なのは、従来のジョイスティックと同じであるが、人間工学的に自然で負荷の少ない動作モードを新規開発した。この結果、初めて試乗したマスコミ関係者らもわずかな練習のみで、その場旋回を含む指定されたコ

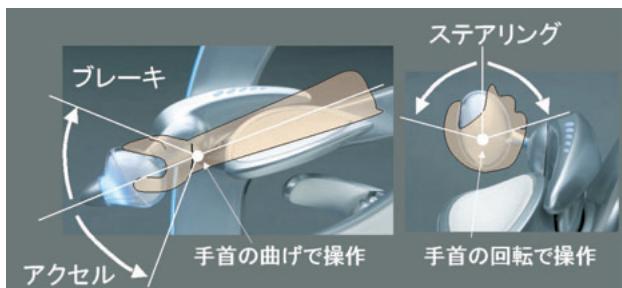


図-4 ドライブコントローラの操作方法  
Fig.4 How to operate the drive controller

ースをほとんどミス無しで走行できており、初心者受容性の高いシステムであることが判った。

#### 4.2.2 駆動制御

ホイールベースの変化する駆動系はドライブバイワイヤの特長を生かし、前輪は左右独立の転舵アクチュエータ、後輪はインホイールモータ駆動とし4輪の統合制御を行っている。高速姿勢モードと低速姿勢モードではホイールベースが変化すると共に、前後輪の制御パターンを切替え走行場所に合った制御を行っている（図5）。

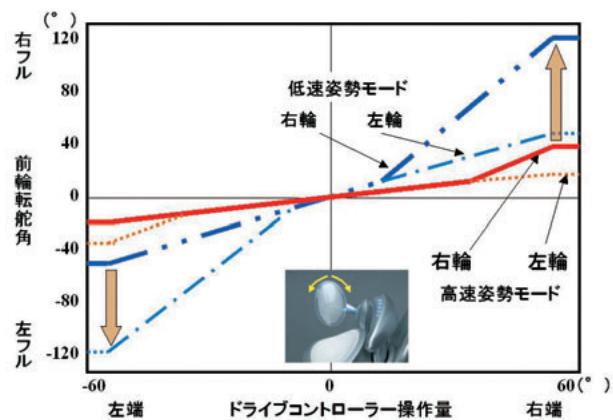


図-5 操舵角と前輪転舵角制御パターン  
Fig.5 Control patterns of steering angle and front wheel turning angle

高速姿勢モードでは一般乗用車と同等の転舵角度であるが、低速姿勢モードでは直進からその場旋回まで連続的に操舵しながら走行することができる。その場旋回時には、進行方向側の前輪を120°まで転舵させる。

後輪については操舵角に応じてタイヤがすべらないよう直進時の左右等速から差動、さらに左右逆転まで連続的に制御を行う。これらの技術により高速走行と人が歩くのと同じような自由な移動とを両立させている。

またドライバーが急な操作をした場合でも車両挙動が不安定にならないように、駆動トルクや転舵角をシステム側が制御し、スムーズで安全な走行を実現した。

### 4.3 コミュニケーションシステム

i-unitと乗員とのコミュニケーション機能と共に、i-unitと周辺の人や車とのコミュニケーション機能を搭載した。

i-unitと乗員との間では、速度や各種の警報などの情報提供を「光」「音」「触感」「振動」といった人の五感に訴える「五感インターフェース」により行う。また周辺の車や人に対しても「光」や「音」を用いて車両の挙動を伝達する。図6のITコントローラはハapticディバイスを用いておりオーディオなど情報系の操作をマルチファンクション化するとともにインタラクティブな操作を行う事が出来る。



図-6 IT-コントローラ  
Fig.6 IT-Controller

#### 4.3.1 周辺監視

五感インターフェースの例として、i-unitの周辺監視システムについて述べる。周辺監視システム（図7）は、公園や歩道など人のエリアでi-unitが移動するような人車混合の交通環境において、特に重要と位置づけられる。システム動作としては、ボディーに装着された周辺監視カメラでとらえた映像情報から画像処理により人や障害物を検知する。人や障害物の接近を検知した時には乗員に対してその距離や方向を、①検知した方向から聞こえるよう制御された警報音、②乗員の左手で触っているITコントローラの振動、③ボディーのLEDの赤色点滅により伝達し注意を喚起する。今回搭載した周辺監視システムでは、後方からの接近物を、その距離に応じて3段階に「音」「光」「ITコントローラの振動」で乗員に知らせるようにしている。

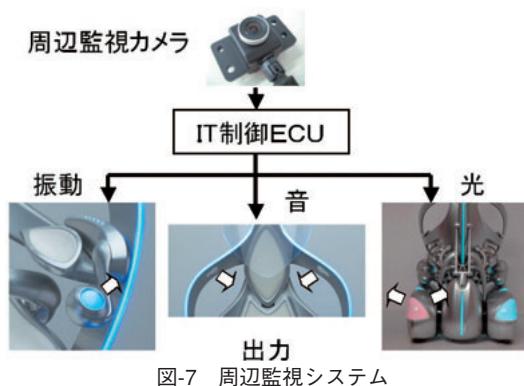


図-7 周辺監視システム  
Fig.7 Peripheral monitoring system

一方、警報音として今回は、短い人の声「トゥ」をサンプリングし、繰り返し音として使用した。この音をベースに距離感制御を行った。

人が音で距離感を感じる要因を表2にまとめる。この中

の「響き」に関しては、大きな建物の中でのケースなので、響きを加えて距離感を制御することは、i-unitの警報音には適さないと考えられる。

表-2 人が距離感を感じる項目

Table 2 Factors for which a human judge a distance

	距 離 感	
	遠	近
音 量	小	大
周波数特性	高域減衰	
響 き	大	小

一方、警報音としての緊急性の高低として考えられる要因を表3に示す。連続音に関しては、音量と周波数特性で決まるが、周期性のある音に関しては周期の長短も要因となる。

表-3 警報音としての緊急性

Table 3 Factors that suggest level of urgency as an alarm

	緊 急 性	
	低	高
音 量	小	大
周波数特性	高域減衰	
繰り返し周期	長	短

以上の要因から、i-unit距離感の制御は、「トゥ」のベース音の周波数と、繰り返し周期、音量の違いをメインに調整した。遠距離の音は「気配」を感じる程度の音で、近距離の音は緊急性を感じる音をイメージしてパラメータを決定した。以下に各音源の概要を示す。

##### 【遠距離音】

- ・基本周波数 : 175Hz
- ・繰り返し周期 : 900ms
- ・音量 (乗員耳元) : 77dB (A)

##### 【中距離音】

- ・基本周波数 : 350Hz
- ・繰り返し周期 : 320ms
- ・音量 (乗員耳元) : 83dB (A)

##### 【近距離音】

- ・基本周波数 : 880Hz
- ・繰り返し周期 : 210ms
- ・音量 (乗員耳元) : 86dB (A)

## 5 主な特長 【環境負荷の低減】

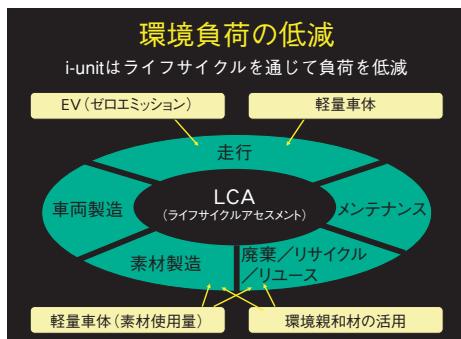
### 5.1 環境親和材ボディー

ボデーパネルやホイールハウス部分のプレス成形部品は、植物のケナフを原料とするケナフコンポジット材を使

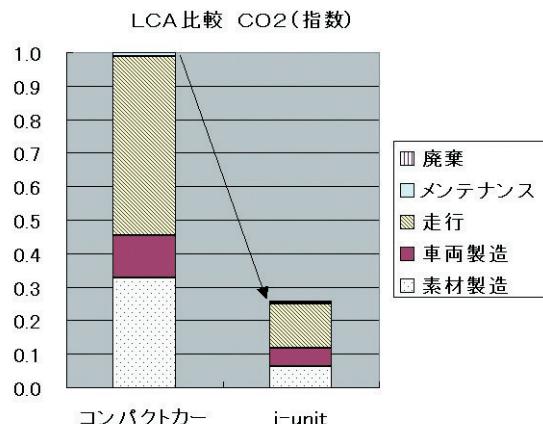
用し、またヘッドランプカバーやアームレストのインジェクション成形部品はサトウキビなどを原料とするバイオプラスチックを使用し、CO<sub>2</sub>や廃棄物の削減等環境負荷の低減を狙った。

## 5.2 全ライフサイクルでの環境負荷軽減

パーソナルモビリティの利点を生かしLCA（ライフサイクルアセスメント）の観点から環境負荷の大幅な低減を狙った。小型軽量化による素材の使用量、走行エネルギーの削減、EVであることによるゼロエミッション、さらに環境親和材の使用による素材製造、廃棄時の負荷低減を行っている。（図8）



LCAによる1000ccクラスのコンパクトカーとの比較では、素材製造から廃棄までのトータルでCO<sub>2</sub>を75%の低減が可能である（図9）。またNOx、SOxなど他の排出物も60%以上の低減が可能であることがわかった。



## 6 主な特長【事故の無い交通社会の実現】

### 6.1 運転支援システム

事故の無い交通社会の実現には、車が各種センサーで周辺の危険を検出し事故を未然に防止する自律型運転支援システムのみならず、インフラや周辺の車両と通信を行うことにより事故を防止するIT、ITS技術を活用した運転支援システムの実現が不可欠である。愛・地球博トヨタグループパビリオンでは、路車間及び車車間通信機能を備えた8台のi-unitを自動運転させ、事故の無い未来交通社会のイメージを実演した（図10）。会期中2555回のショーを実施する中で、ジャイロによる高精度位置認識技術、通信技術などコア技術のデータの収集も行った。



## 7 今後の取り組みについて

今回、このi-unitを通じて世界各国の方々、幅広い年齢の方々、そして車椅子を使われている方など、多くの方々からパーソナルモビリティに対する期待、ご意見、ご感想を頂いた。これらを生かしIT、ITS技術、材料技術等の要素技術開発、インフラ整備、法規などの課題解決等今後もパーソナルモビリティについて継続して開発に取り組んでいきたい。

### 参考文献

- 1) 未来パーソナルモビリティ i-unit 自動車技術 Vol.60, No2, 2006

### 社外執筆者紹介



森田 真  
(もりた まこと)

1981年トヨタ自動車（株）入社。  
HV、カーマルチメディア、ITSなど  
車の電子システムの先行開発に従事。  
2003年よりi-unitの開発に従事。  
現在統合システム開発部主担当員。

### 筆者紹介



本島 顕  
(もとじま あきら)

1983年富士通テクノロジ入社。以来、  
車載用音響システムの開発に従事。  
現在、CI本部 音響事業部  
音響技術部に在籍。