

カーナビゲーションシステムを支えるLSI

LSI Development for Car Navigation Systems

松本芳幸*

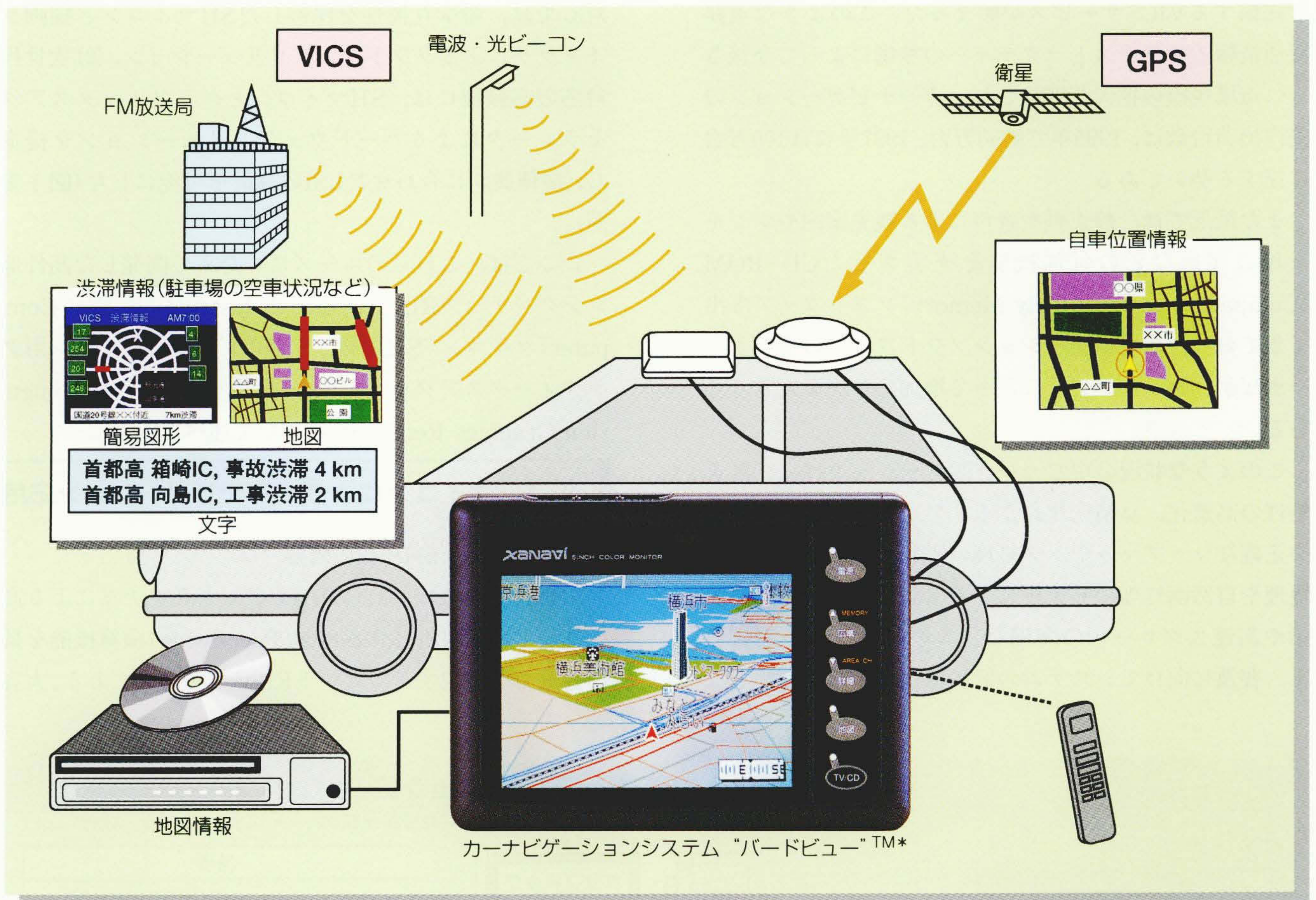
Yoshiyuki Matsumoto

倉員桂一*

Keiichi Kurakazu

菊地 明*

Akira Kikuchi



注：*バードビュー™は、株式会社ザナヴィ・インフォマティクス製の製品に使用している商標である。

カーナビゲーションシステム

カーナビゲーションシステムには、経路誘導などのために高性能なマイクロプロセッサ(20~60 MIPS)が必要である。最近では、「バードビュー」のようにグラフィック処理での高度化も進んでいる。

カーナビゲーションシステムは、VICS (Vehicle Information and Communication System) など道路交通情報のインフラストラクチャー整備により、いっそうの市場規模の拡大が期待され、システムの低価格化とともに、交通情報に応じたリアルタイムな経路誘導など高性能化が進んでいる。セットメーカーは、今後さらにこのシステムを普及させるために廉価タイプと、VICSなどのサポートで、より使いやすさを追求した高性能、高機能タイプを市場投入する状況にある。

日立製作所は、このような機種に応じたLSIを供給す

るため、SHマイコン用グラフィック描画ライブラリによるソフトウェア描画のほかに、SHマイコンと直結できるグラフィックスアクセラレータ“Q2” (Quick Two-Dimension Graphics Renderer)を開発した。さらに、高性能な演算処理実現に加え、大容量メモリ、強力な周辺機能を内蔵したSH7042・SH7043を開発した。廉価タイプでは、SH7042・SH7043と描画ライブラリで、三次元グラフィックスや自然画表示などの高機能タイプでは、SH7042・SH7043とQ2でそれぞれシステム構築を可能とした。

1. はじめに

1996年4月から、FM多重放送やビーコンといった通信装置を使ってカーナビゲーションシステム(以下、カーナビゲーションと略す。)に渋滞情報などの道路交通情報を送信するVICSサービスが始まった。このような道路交通情報インフラストラクチャーの整備によって今後さらに市場規模の拡大が期待され、カーナビゲーションの国内出荷台数は、1995年で約50万台、1997年には100万台に達する勢いである。

また最近では、静止画や音声による観光案内やレジャー施設案内などの付加機能を充実させたCD-ROM(Compact Disc Read-Only Memory)ソフトウェアも出てきており、アプリケーションソフトウェアの種類もカーナビゲーションの普及に伴って増加の一途をたどっている。

このような状況の中でカーナビゲーションは、(1)計算処理の高速化、高精度化によるリアルタイムな経路誘導や正確なマップマッチング処理の実現、(2)グラフィック処理や自然画処理の高速化による多彩なグラフィック表示や高速スクロールの実現などの性能面での充実に加え、普及に向けてシステムの低価格化が大きな課題とな

っている。

今後、カーナビゲーションは基本機能を追求した廉価機と次世代を見据えた高級機と二極分化するもようであり、そのためおのおのに合った半導体が必要である。

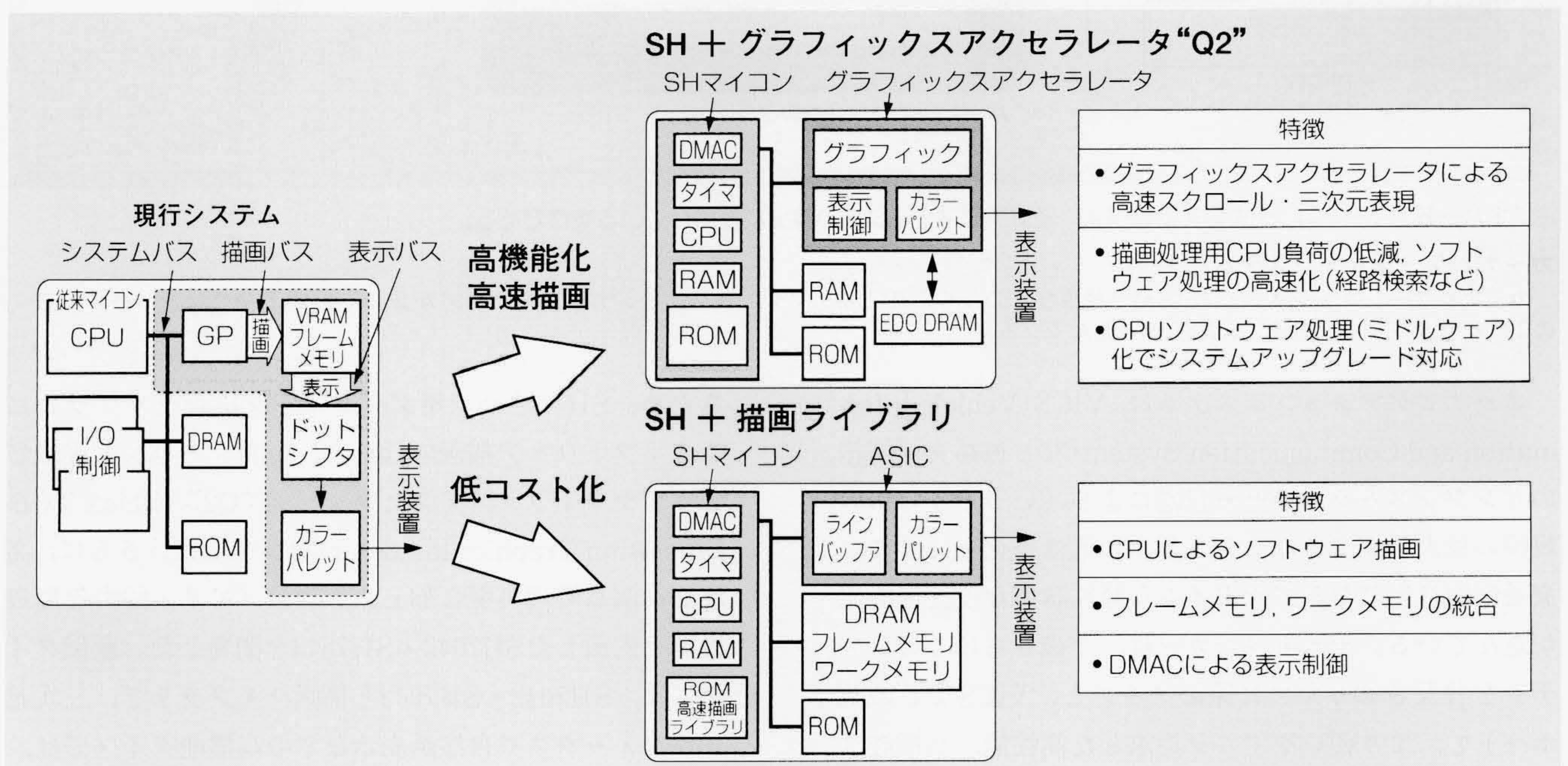
このような動向をとらえて日立製作所は、(1)廉価機に対しては、命令互換性を保持したSHマイコンと描画ライブラリによるソフトウェアソリューション、(2)次世代対応の高級機には、SHマイコンとグラフィックスアクセラレータによるハードウェアソリューションを提案し、機種展開に合わせたLSIの選択を可能にした(図1参照)。

ここでは、これらのニーズにこたえて開発した高性能シングルチップRISC(Reduced Instruction Set Computer)マイコン“SH7042・SH7043”とSHマイコン用グラフィックスアクセラレータ“Q2”(Quick Two-Dimension Graphics Renderer)について述べる。

2. SHマイコンによるカーナビゲーション応用

2.1 SH7042・SH7043の概要

SHマイコンは、独自のRISCアーキテクチャによる高い性能とDSP(Digital Signal Processing)演算機能を低消費電力で実現する32ビットRISCマイコンである。大容



注：略語説明 GP(Graphic Processor), DRAM(Dynamic Random Access Memory), ROM(Read-Only Memory), VRAM(Video RAM)
DMAC(Direct Memory Access Controller), EDO DRAM(Extended Data Output DRAM), ASIC(Application Specific IC)

図1 システムコントロールグラフィック部へのSHマイコンの応用

従来と比較して、カーナビゲーションの機種に合わせた選択が可能になった。グラフィックスアクセラレータ“Q2”はSHマイコンと直結できるように配慮した。

表1 SH7042・SH7043の仕様概要

SH7042・SH7043では、カーナビゲーションに必要なDMAC、SCIなどの周辺機能を強化している。

項 目		仕 様	
		SH7043	SH7042
電 源 電 圧		5 V版：28.7 MHz(27.8 MIPS)	
動 作 周 波 数		5 V版：33 MHz(33 MIPS) [開発中]	
処 理 性 能		(3.3 V版も開発中)	
消 費 電 力		450 mW(typ)	
C P U 命 令		SH-2全命令	
乗 算 器	乗 算	32×32⇒64	
	積 和	32×32+64⇒64	
	R O M	128 kバイト	
内 蔵 メ モ リ	R A M	4 kバイト (命令キャッシュ1 kバイト、 RAM 2 kバイトとして使用可)	
		DRAM・SRAM・ROM直結可能	
バス ステート コントローラ		4 チャンネル内蔵	
D M A C		2 チャンネル内蔵	
S C I			
その他内蔵周辺機能		16ビットタイマ×5チャンネル、WDT、 CMT×2チャンネル、UBC、DTC、 10ビットA/D×8チャンネル 内蔵倍周回路でクロックソースの×1、 ×2、×4動作可能	
バ ス 幅		8, 16, 32ビット 選択可能	8, 16ビット 選択可能
パ ッ ケ ー ジ		QFPI44ピン	QFPI12ピン

注：略語説明

- MIPS(Million Instructions per Second), typ(Typical)
- SRAM(Static RAM), SCI(Serial Communication Interface)
- WDT(Watchdog Timer), CMT(Compare-Match Timer)
- UBC(User Break Controller), DTC(Data Transfer Controller)
- A/D(Analog-to-Digital), QFP(Quad Flat Package)

量メモリ、強力な周辺機能の内蔵により、カーナビゲーションにも広く採用されている。

SH7042・SH7043の仕様を表1に示す。SH7042・SH7043は、カーナビゲーションのいっそうの高性能化に対応するため、28.7 MIPSの性能を実現したSH-2 CPUコアを内蔵し、1サイクルでアクセスが可能な大容量128 kバイトROM、4 kバイトRAM(Random Access Memory)を内蔵した。

SH-2 CPUコアには32ビット乗算器が内蔵されているため、地図描画アドレスの座標変換(アフィン変換)を高速に実行することができる。

また、128 kバイトという大容量内蔵ROMにより、カーナビゲーションで最も高速な処理を必要とする部分(例えば、OSや描画ライブラリなど)を格納することができる。しかし、カーナビゲーションのアプリケーションソフトウェアは1 Mバイトとも2 Mバイトとも言われ、外付けROMの搭載も必須である。このため、内蔵RAM 4 kバイトのうち2 kバイト分をキャッシュメモリ 1 kバ

イトとして利用可能な方式を採用し、低速な外部メモリ上のプログラムを高速に実行できるようにした。キャッシュ1 kバイトとはいえ、キャッシュと大容量ROMとの相乗効果によって命令を1サイクルで実行できる割合が増え、CPUの総合処理性能向上に大きく寄与する。

カーナビゲーションでは、CD-ROMからメインメモリへのデータ転送、メインメモリからグラフィックスアクセラレータや表示コントローラへのデータ転送など、大容量データを高速に転送する必要がある。そのため、周辺機能としてDMA(Direct Memory Access)コントローラを内蔵し、大容量データの高速転送を実現した。また、GPS(Global Positioning System)やVICS受信部とシステム本体とのデータ送受信に用いられるシリアルインタフェースも内蔵した。

外付けメモリとのインタフェースでは、SRAMや高速ページDRAMなどのメモリと外付回路なしで直結可能なバス ステート コントローラを内蔵し、ウェイトステートの挿入やバスサイクル間のアイドルサイクルの挿入をプログラマブルに設定できるようにした。このほか、割込みコントローラやユーザー ブレーク コントローラなど強力な周辺機能を内蔵した。

SH7042は、SH7043に対して16ビットバス化を行い、ピン数を削減したものである。

2.2 グラフィック描画ライブラリ

カーナビゲーションの基本機能だけを実現した廉価機では、できるだけ低価格でシステムを構築しなければならない。

近年、急速なRISCマイコンの性能向上により、カーナビゲーション本体のメインCPUにも高性能なRISCマイコンが使われるため、ソフトウェアによる描画処理が実現されることによってシステムの低価格化が可能となった。

SHマイコン用グラフィック描画ライブラリでは、8ビットピクセル対応と4ビットピクセル対応を用意した。カーナビゲーションでは、道路や鉄道を線分で描画したり、河川や公園などを多角形の塗りつぶしで描画し、地名などの文字を描画する。また、ガソリンスタンドや自車のマークをイラストレーションなどのイメージで描画することもある。このため、発行されるコマンドの大半は線分描画、多角形描画・塗りつぶし、文字描画、およびイメージデータのコピーである。また、進行方向を常に画面の上方向に表示するヘディングアップ機能時には、地図描画アドレスの座標変換(アフィン変換)が必要である。このため、描画ライブラリでは、これらの機能

表2 グラフィック描画ライブラリの関数例

線分, 多角形, 文字の描画, イメージデータのコピー, 地図描画の座標変換関数など, 地図描画に必要な関数をサポートしている。

関 数 名	機 能
FDOT	点の描画
FLINE	線分の描画
FPLINE	折れ線の描画
FFRCT	矩(く)形の描画
FPOLY	多角形のパターン付き塗りつぶし
FFPOLY	多角形の単色塗りつぶし
FCOPY	データの複写
TCPY	文字の描画
SARC	だ円・円弧の描画
AFFIN	座標変換
TINIT	TCPY関数のための初期化関数
INITAFFN	AFFIN関数のための初期化関数

を実現できるように構築した(表2参照)。

これら描画ライブラリは, 全関数で数十キロバイトであるが, 必要な関数だけを抜き出して使うこともできる。例えば, 高速描画が必要な関数だけをSH7042・SH7043の内蔵ROMに置き, だ円のように頻度の少ない関数は外付けROMに置くといったことが可能である。

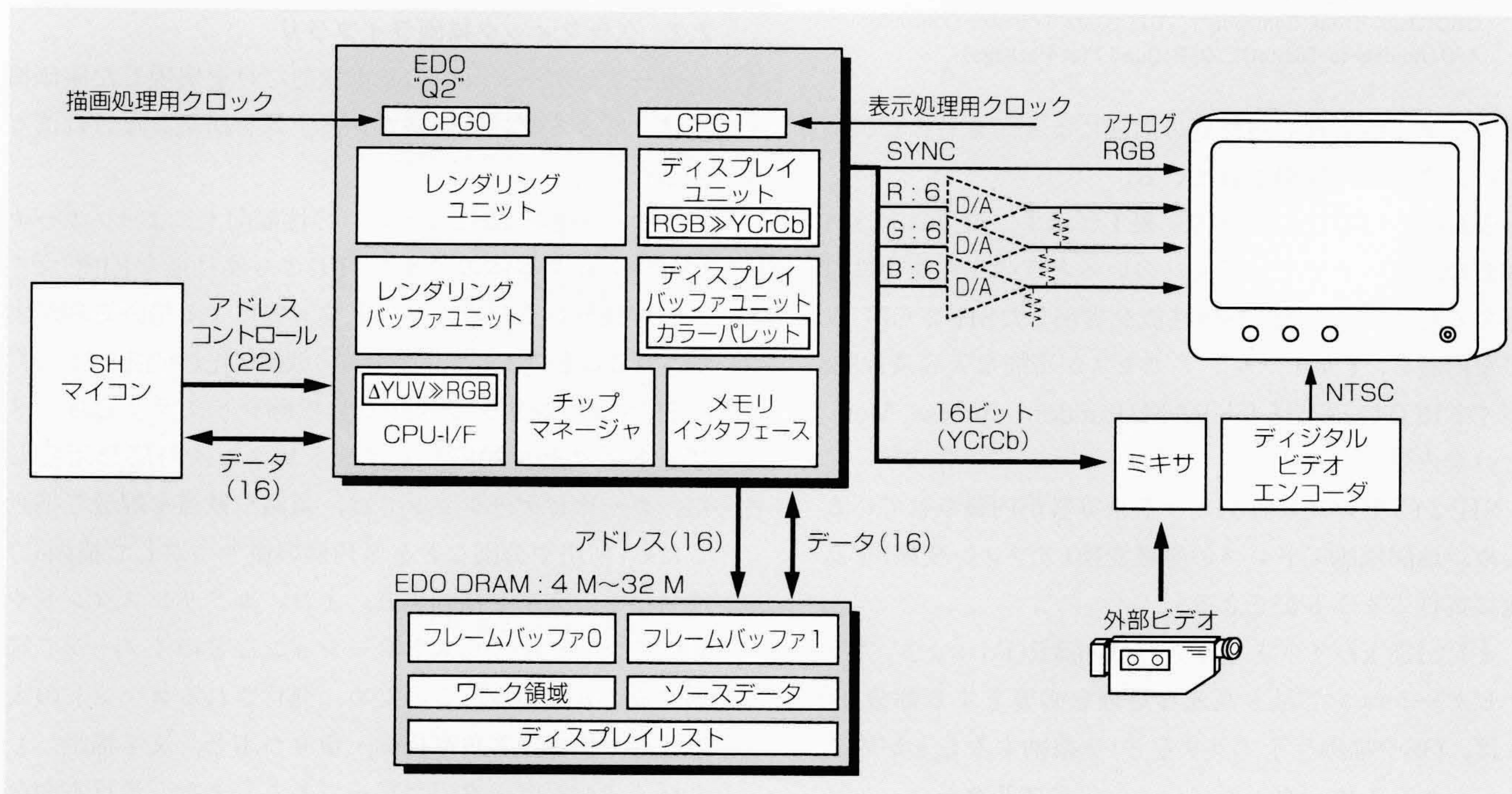
また, SHマイコンの命令互換性が保たれているため, この描画ライブラリはSH-1, SH-2, SH-3で使用するこ

とができる。このため, カーナビゲーションの進化に応じてCPUが高性能品に変更されても, 描画ライブラリの継続使用によってソフトウェア財産の活用が可能である。

3. SHマイコン用グラフィックスアクセラレータの概要

カーナビゲーションが普及するためには低価格化が必須であるが, 一方, 使いやすさも重要な課題であり, 交差点付近での拡大表示や音声案内など, 使いやすさを追求した機能が搭載されてきている。今後, さらに音声合成や音声認識といった音声処理の充実が進むと考える。現在, これら音声処理は, オプションとしておのこの専用LSIで構築されている場合が多い。しかし低価格化の観点から, 今後, これら音声処理は専用LSIを用いず, ソフトウェアで処理される方向であり, 要求されるCPU性能もますます高くなる傾向である。

このように高付加価値機や次世代機では, グラフィック処理まで廉価機同様, ソフトウェア処理で実現することが不可能になってきている。このため, 新たにグラフィック処理を実現するための専用LSIが必要とされてきた。ただ, 従来のグラフィックプロセッサは, コスト的に高価であることや汎用性を持たせることで多機能とし



注: 略語説明 CPG0 (Clock Pulse Generator 0), CPG1 (Clock Pulse Generator 1), SYNC (同期信号)

図2 Q2ブロック図と外付けメモリの内部構成

Q2にはカーナビゲーションに必要なグラフィック周辺回路も内蔵した。また, SHマイコンの負荷を抑えるため, 外付けEDO DRAMにグラフィック処理に必要なすべての情報を集結させてQ2で一元管理するようにした。

たため、描画性能に課題があった。このため、描画コマンドの絞り込み、SHマイコンとの明確な役割分担、ナビゲーションに必要な周辺機能の搭載を目的としてグラフィックスアクセラレータ“Q2”を開発した。

3.1 グラフィックスアクセラレータ“Q2”の概要

Q2は、シンプル、リアルタイム、アップグレードをコンセプトとしたSHマイコン用グラフィックスアクセラレータである。Q2のブロック図を図2に示す。

(1) シンプル

低価格という観点から、パソコン用のグラフィックスアクセラレータのように、グラフィック処理すべてをQ2で行うのではなく、CPUが得意とする座標変換処理のようなジオメトリ演算をSHマイコンに任せ、多角形描画や塗りつぶしといった、CPUが不得意とするレンダリング処理だけをQ2で高速に実行してゲート規模を抑えた。さらに、地図描画ではほとんど使用しない点やビット処理演算機能を削除し、基本機能を線描画と多角形描画、塗りつぶしだけとして処理の単純化を図り、高速処理を実現した。

また、描画コマンドや描画アドレスといった地図を描画するためのプログラム(これをディスプレイリストと言う。)を展開前の状態で格納することにより、表示領域の地図データを圧縮された形でメモリに格納するようにした。これらの情報は、ビットマップデータに比べて十分圧縮されたデータであるため、メモリの有効活用を図ることができる。また、CPUから表示領域よりも広い領域のディスプレイリストを一度転送すると、その範囲の描画であれば、以降の描画のためのデータ転送が不要となり、CPUのバス占有時間を低減することができる。

Q2では、メモリ削減のためにUGM(Unified Graphics Memory)方式を採用した。外付けメモリは最低1個のEDOタイプの4MビットDRAMで済む。このDRAMには、描画領域であるフレームバッファ領域、ガソリンスタンドのマークなどのイメージデータや自然画を格納しておくソースデータ領域、さらにディスプレイリストを格納する領域があり、これらのデータをメモリ上でQ2が一元管理するようにした。

(2) リアルタイム

ディスプレイのドットクロック周波数は画面サイズによって異なるが、表示処理ではこのドットクロックに同期させる必要がある。

Q2は、描画バッファと表示バッファをフレーム単位で切り替えるダブルバッファを採用し、さらに描画性能の

上限まで引き上げて使うために描画・表示処理を完全非同期にした。

(3) アップグレード

Q2で使用するコマンドは、Q2以降の将来展開品でも継承する考えである。

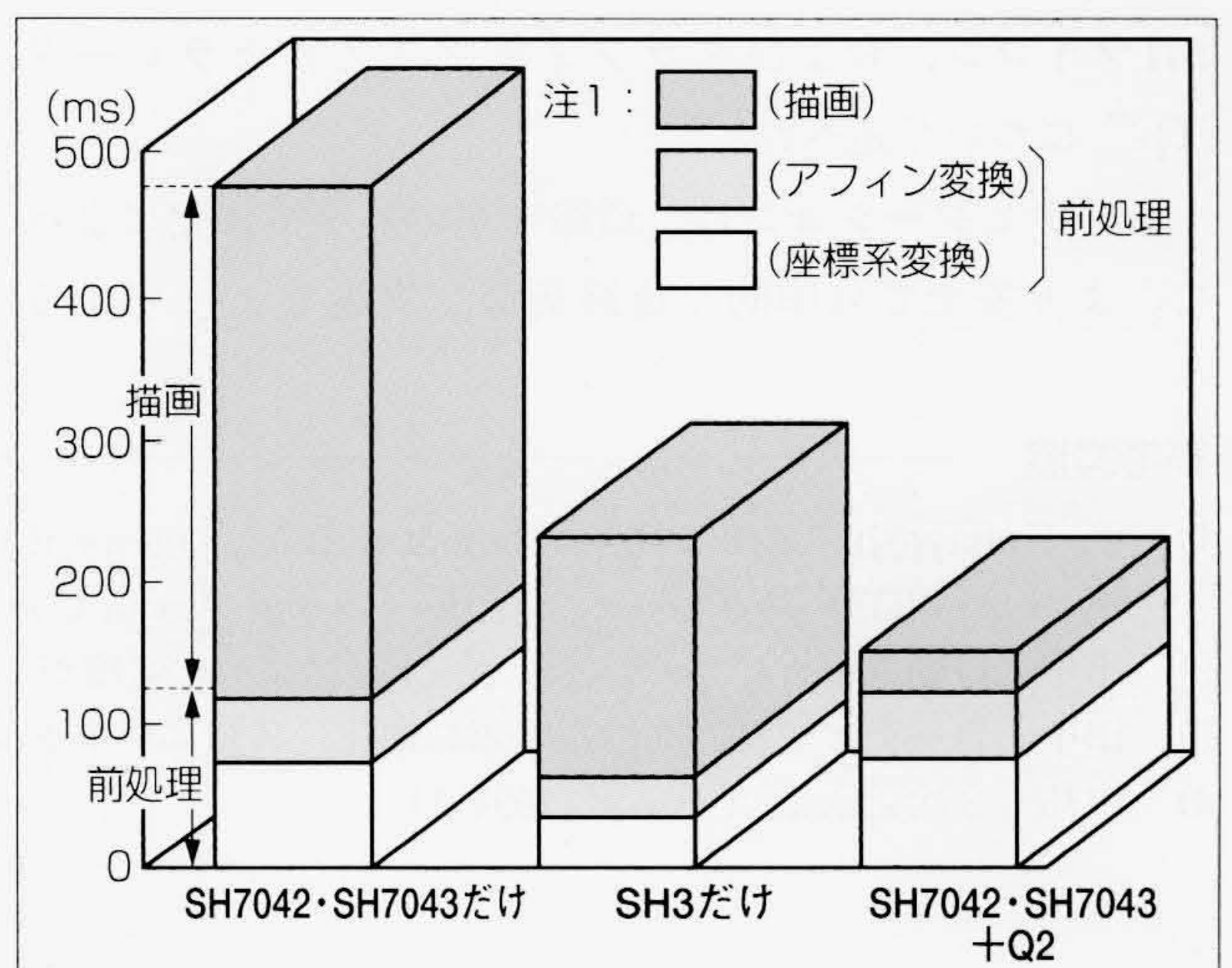
等高線表示がある山岳部での地図描画時のCPUバス占有時間の予想比較を図3に示す。アフィン変換などの前処理はSHマイコンで行う。Q2を搭載することにより、全体のバス占有時間を大幅に短縮することができる。

SH7042・SH7043とQ2を搭載したシステム構成例を図4に示す。

3.2 グラフィックスアクセラレータQ2の周辺機能

Q2は、カーナビゲーションで要求されるグラフィック周辺機能も内蔵している。すなわち、同時256色表示が可能なカラーパレット、ディスプレイに表示するための同期信号発生、さらに自然画表示を実現するためのデルタYUVデコーダや、RGB(Red, Green, Blue)→YUV変換機能を内蔵した。

また、Q2用外付けDRAMやSHマイコンと直結するためにおのこのインタフェース回路を内蔵し、よけいな外付け部品を不要とした。



注2：地図データ：山岳部

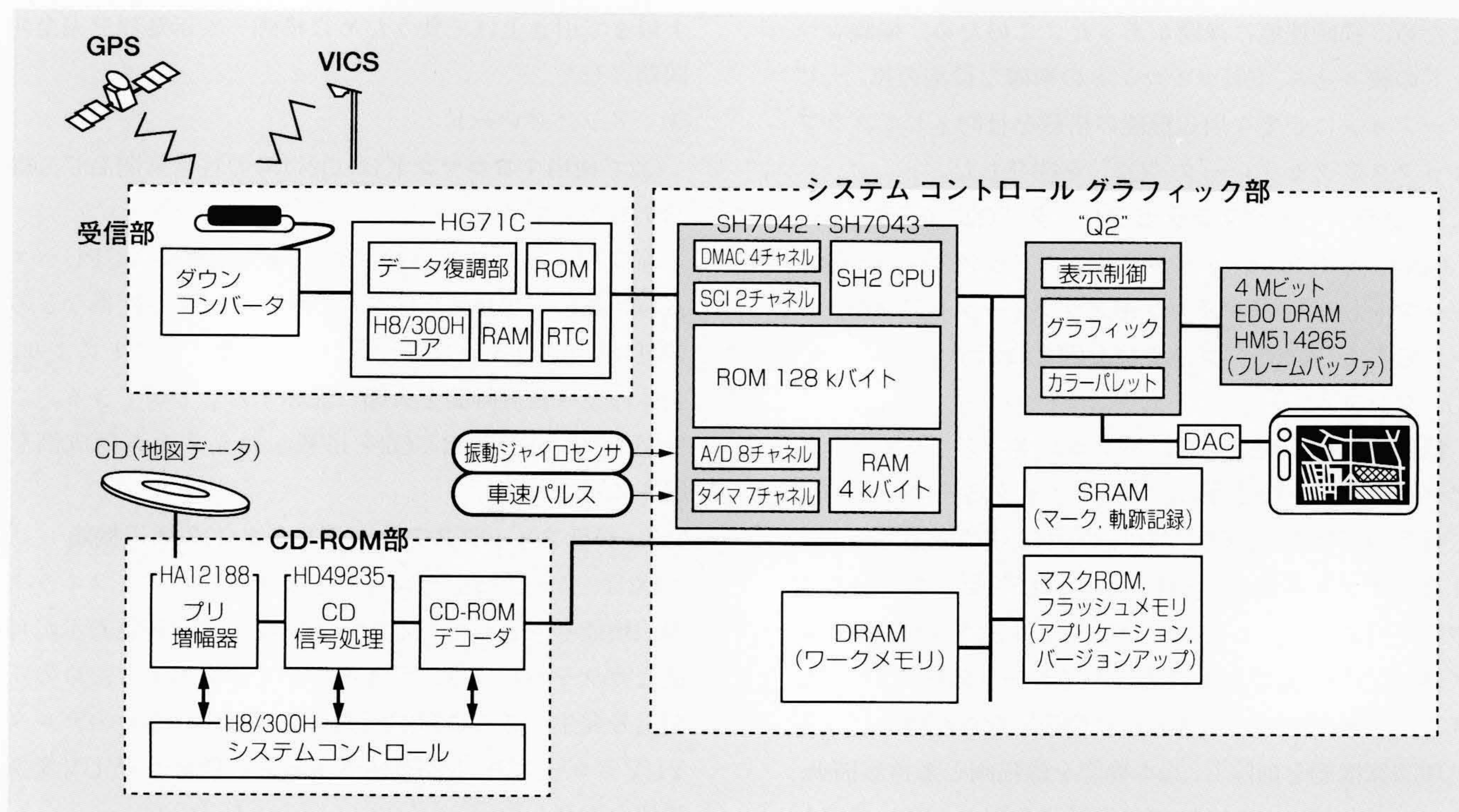
ユニット数：4ユニット

注3：(1) SH7042・SH7043は28.7 MIPS, SH-3は60 MIPSとして計算

(2) SH7042・SH7043+Q2の場合、描画処理でのCPUバス占有時間は、ディスプレイリストの転送時間と仮定

図3 地図描画でのCPUバス占有時間の見積もり

SHマイコンとQ2の組合せにより、グラフィック処理でのCPUバス占有率を大幅に下げることができる。



注：略語説明 RTC(Real-Time Clock), DAC(Digital-to-Analog Converter)

図4 カーナビゲーションシステム構成例

グラフィック処理をQ2に任せることにより、経路誘導やマップマッチングなどのカーナビゲーションの基本処理にSH7042・SH7043のCPU性能を割り当てることができる。

4. おわりに

ここでは、カーナビゲーションのニーズにこたえるSHマイコン、およびグラフィックスアクセラレータ“Q2”について述べた。

カーナビゲーションは、道路と車の高度情報化によって、より安全で効率的な道路交通を実現しようとする

ITS(Intelligent Transport Systems)構想に向け、さらに進化しながら普及していくものと考ええる。

今後も、SHマイコンのいっそうの性能向上、および音声合成、音声認識といったSHマイコン用ミドルウェア、さらにグラフィックスアクセラレータの開発に注力し、カーナビゲーションの普及に貢献する考えである。

参考文献

- 1) T. Kobayashi, et al.: Development and Management of Interurban Expressway, Vehicle Information & Communication System(VICS), Proceedings of the Second World Congress of ITS '95, Vol. II, pp.772~776(1995)
- 2) 田中：自動車用ナビゲーション装置、経路誘導の精度が一段と向上、日経エレクトロニクス、1994.12.5, No.623, pp.133~144
- 3) 田中：カーナビが双方向情報端末に進化、日経エレクトロニクス、1996.5.20, No.662, pp.91~106
- 4) 中島：3次元CG、オーム社(1994-1)