

# みんなの ベクトル計算

たけおか @takeoka



PCクラスタ・コンソーシアム理事でもある

2011/FEB/20

# 「ベクトル計算が新しい」と 2008年末に言いました

- Intelに入ってる! (2008年から見た「近未来?」)
- GPU計算が新しい(2008年当時)
- Intel AVX (Advanced Vector Extension)
  - SIMD命令を進めて、ベクトル機構をつける
  - <http://softwareprojects.intel.com/avx/>
- AVXは遅れているが、Intelではありがち
- NEC(半導体部門ではない)と提携
  - NECといえばベクトルマシン

# GPU=ベクトル・ユニット

- GPU計算
- 天河, TSUBAME2.0 などTOP500の1, 3, 4位はGPU+x86
  - 2, 5位はCrayでx86。コア数がとても多い
- 「PCマンセー、ベクトル死亡＼(^)/」という、一般人の皆さんが多数
  - \*\*\* しかし \*\*\*
- GPUは、まさにベクトル計算機
- ベクトル計算機が、コモディティ技術になっただけ
  - Intelも、それに気づいていた
    - AVXを入れようとして遅れ
    - GPU+CPU(Larrabee)も失敗中

# TOP500中のTOP5

名前 (サイト, 開発)	コア数	Rmax (TFlops)	Rpeak	電力 (KW)	
天河1a(天津)	186,368	2,566.00	4,701.00	4,040.00	NUDT TH MPP, X5670 2.93Ghz 6C, NVIDIA GPU, FT-1000 8C
Jaguar (オークリッジ研究所,Cray)	224,162	1,759.00	2,331.00	6,950.60	Cray XT5-HE Opteron 6-core 2.6 GHz
星雲(深圳)	120,640	1,271.00	2,984.30	2,580.00	Dawning TC3600 Blade, Intel X5650, NVidia Tesla C2050 GPU
TSUBAME2.0(東工大)	73,278	1,192.00	2,287.63	1,398.60	HP ProLiant SL390s G7 Xeon 6C X5670, Nvidia GPU, Linux/Windows
Hopper (エネルギー研究科学計算 センタ,Cray)	153,408	1,054.00	1,288.63	2,910.00	Cray XE6 12-core 2.1 GHZ

# ベクトル計算機とは

- 昔のスーパーコンピュータ
  - ベクトルは今でも速い
    - 日本メーカーが強くなりすぎて、政治的にアメリカはベクトル・スパコンを買わなくなった
    - 技術的に古くなったのではない
      - 過去に一度も古くなっていない（重要）
    - 地球シミュレータは、ベクトル・マシンを4000台並べた、スパコン・クラスタ
- ベクトル命令を1つフェッチして、データ列(ベクトル)に、同じ演算を繰り返す
  - 演算器-ベクトル・レジスタ-外部I/F のバランスを正しく設計する
  - キャッシュ・メモリは必ずしも必要ない

# Key Intel® Advanced Vector Extensions (Intel® AVX) Features

## KEY FEATURES

- Wider Vectors
  - Increased from 128 bit to 256 bit
- Enhanced Data Rearrangement
  - Use the new 256 bit primitives to broadcast, mask loads and permute data
- Three and four Operands, Non Destructive Syntax
  - Designed for efficiency and future extensibility
- Flexible unaligned memory access support
- Extensible new opcode (VEX)

## BENEFITS

- Up to 2x peak FLOPs (floating point operations per second) output with good power efficiency
- Organize, access and pull only necessary data more quickly and efficiently
- Fewer register copies, better register use for both vector and scalar code
- More opportunities to fuse load and compute operations
- Code size reduction

Intel® AVX is a general purpose architecture, expected to supplant SSE in all applications used today

# Intel AVXの特徴

## Intel AVXの特徴

キー	恩恵
ワイド・ベクトル 128から256bitへ増加	最大2倍のFLOPs
強化されたデータの配置- ブロードキャスト、マスクロード、データの転置のための新しい256bitプリミティブ	必要なデータだけを、高速で効果的にアクセスし引っ張ってきて、構成
3つか4つのオペランド出鱈目でない文法- 効果的で将来の拡張性があるように設計	より少ないレジスタのコピー、ベクトルでもスカラでもよりよいレジスタの使用
柔軟な整列していないメモリのアクセスのサポート	ロードと計算操作の融合をもっと図る
拡張性ある新しいオペコード(VEX)	コードサイズの縮小

Intel AVXは汎用アーキテクチャである、今日のすべてのアプリケーション中のSSEに取って代わる事が期待される

# Intel AVX対応コンパイラ模索中

- Gccは対応作業中
- Intel Compiler
  
- AVXの動作する実機も模索中

# ARMもベクトル命令

- VFP (Vector Floating Point)
  - 短ベクトル命令
    - 実際には、シーケンシャルに処理される
    - ベクトル長が短いので、SIMDに比して性能が出ない
    - コンパイラもろくにサポートしていない
- Advanced SIMD (NEON)
  - 実SIMD
  - codecで使われ、性能がそれなりに出ているらしい

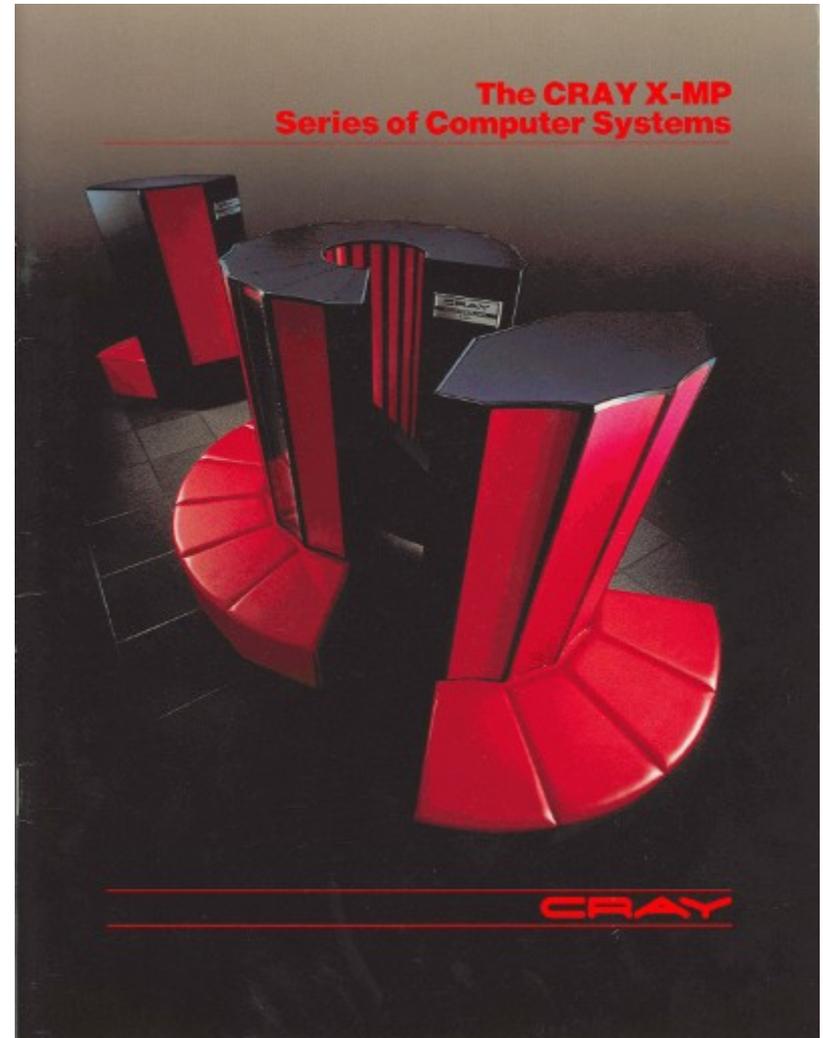
# GP GPU

- ベクトル計算機
- CUDA
- OpenCL
- 専用プロセッサを汎用として公開するのは、やはりなかなか難しい
- GPUメーカーも計算ユニットとして意識している
- GPUメーカーは、高速計算を得意とする会社が多い
  - 座標変換、ソートなどをパイプラインで行う

# ベクトル計算機の オープンなドキュメント

- CRAY X-MPなどのマニュアルがフリーに

- CRAY X-MPとは
  - CRAY-1を2台接続
  - メインメモリ共有



# ベクトル計算機の オープンなドキュメント

- CRAY X-MPなどのマニュアルがフリーに

<http://www.bitsavers.org/pdf/cray/>

HR-0032\_CRAY\_X-MP\_Series\_Model\_22\_24\_Mainframe\_Ref\_Man\_Jul84.pdf

- CRAY X-MPについて詳しく述べてある
  - 非常に勉強になる
  - ベクトル計算機の使用方法が分かる
  - ベクトル計算機の作り方もわかる
- 日本語翻訳 一人プロジェクト
  - CRAY X-MPについて

<http://www.takeoka.org/~take/supercom/cray-xmp.html>

# CRAY

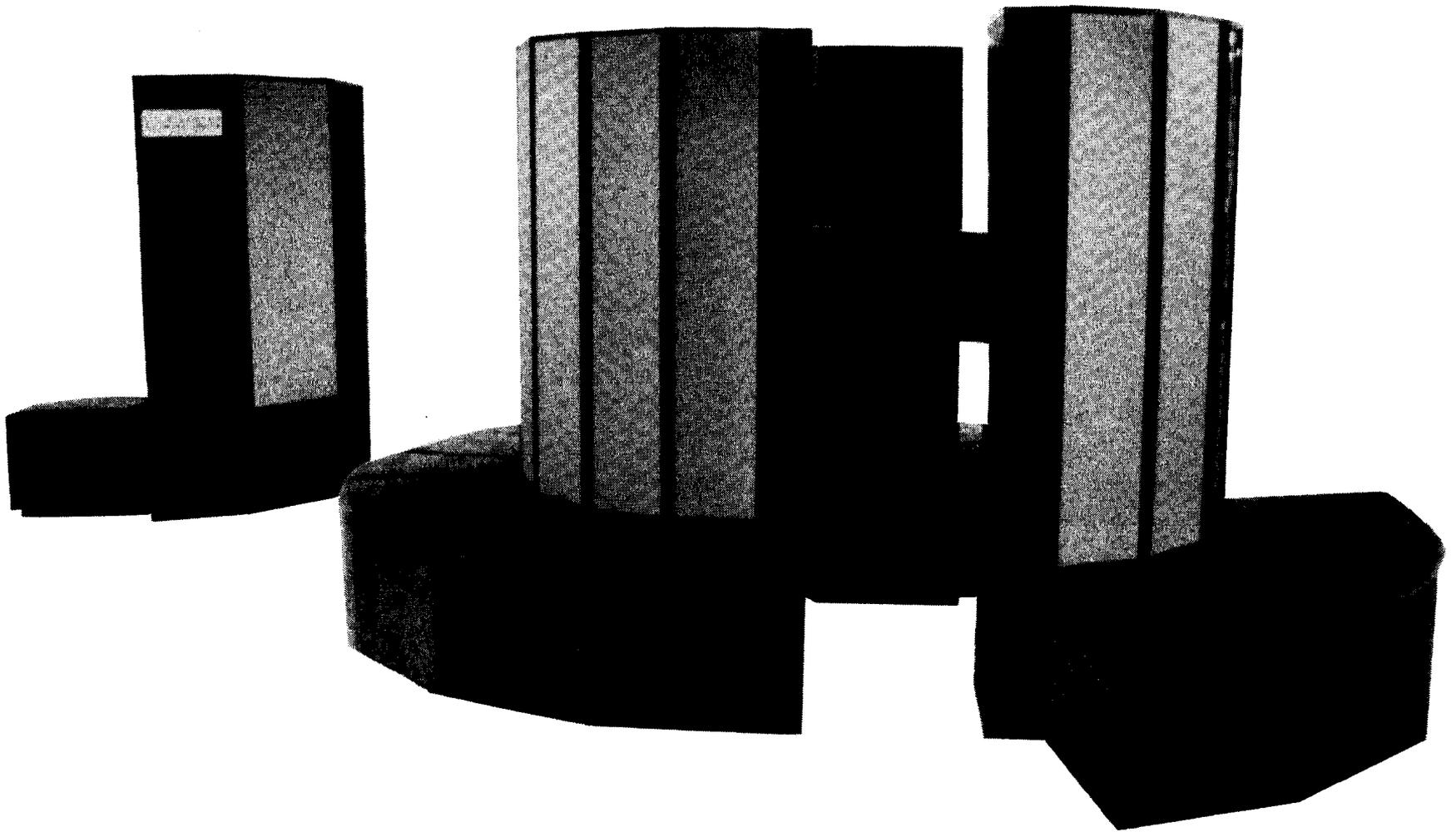
RESEARCH, INC.

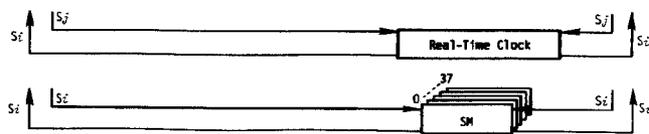
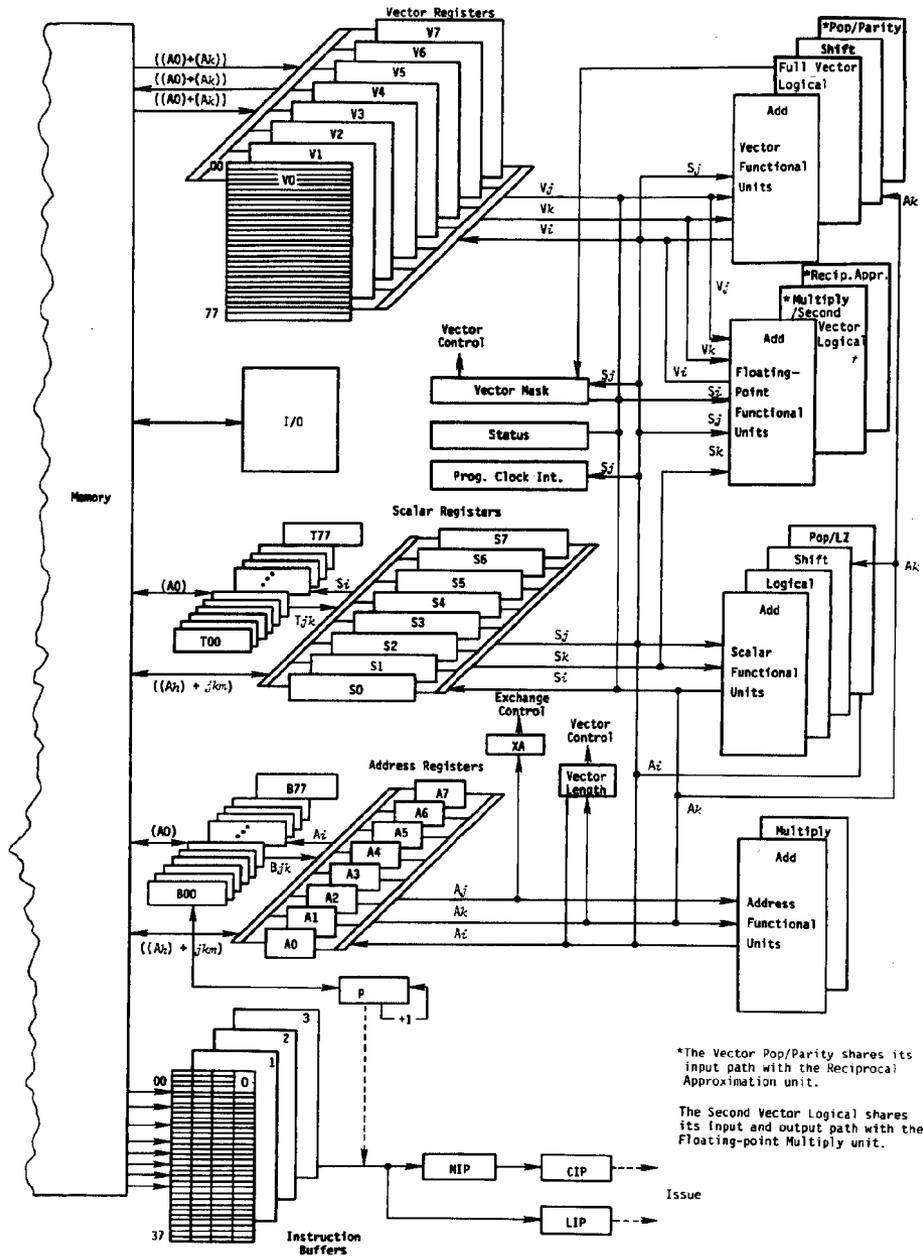
Any shipment to a country outside of the United States requires a U.S. Government export license.

## CRAY COMPUTER SYSTEMS

CRAY X-MP SERIES  
MODELS 22 & 24  
MAINFRAME REFERENCE MANUAL

HR-0032

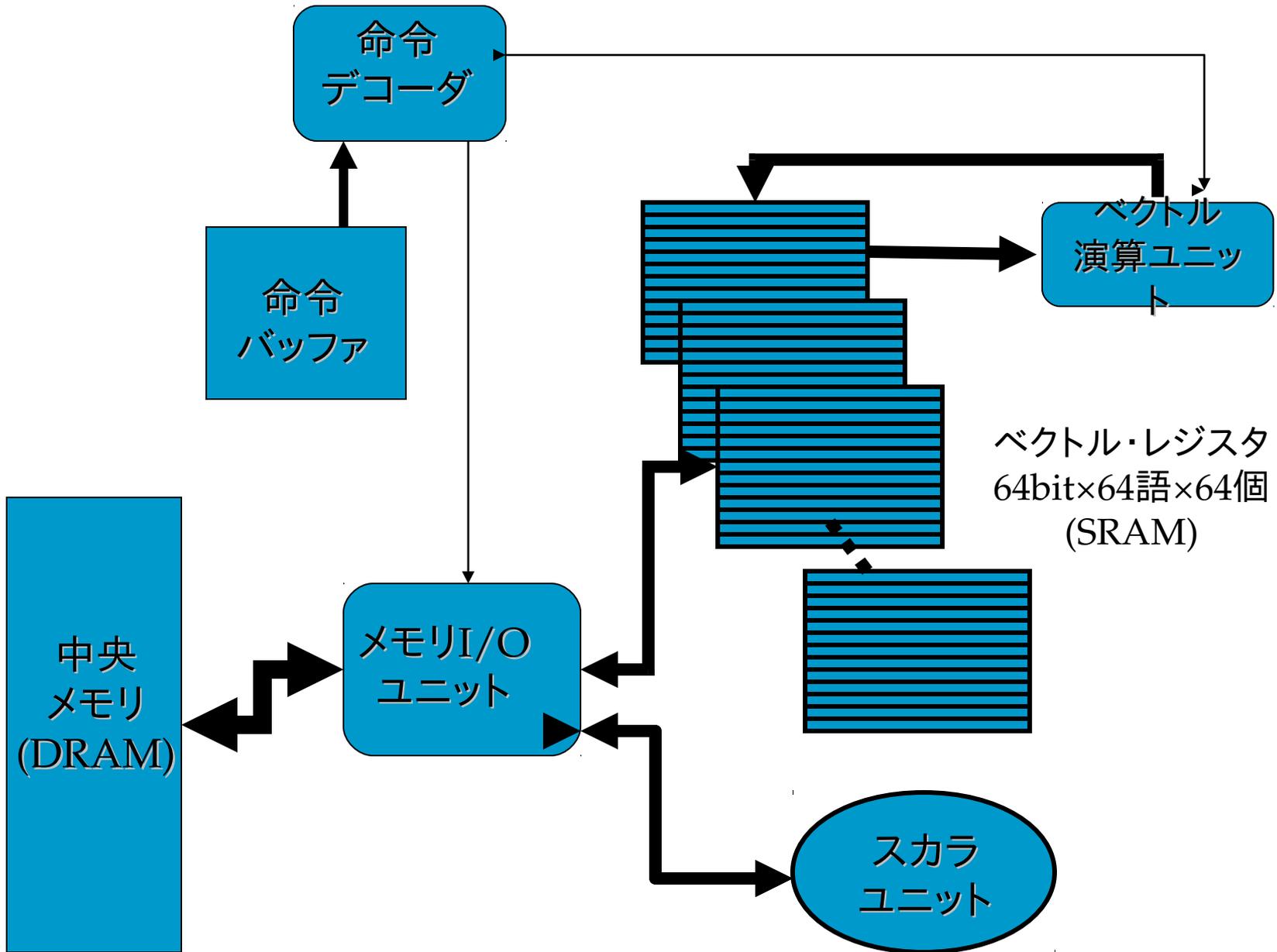




# ベクトル計算機とは

- ベクトル命令を1つフェッチして、データ列(ベクトル)に、同じ演算を繰り返す
  - 演算器-ベクトル・レジスタ-外部I/F のバランスを正しく設計する
  - キャッシュ・メモリは必ずしも必要ない
  - ベクトル・マスクを利用して、条件によっては結果をストアしない
    - 条件分岐無しで、条件ごとに結果を変えられる

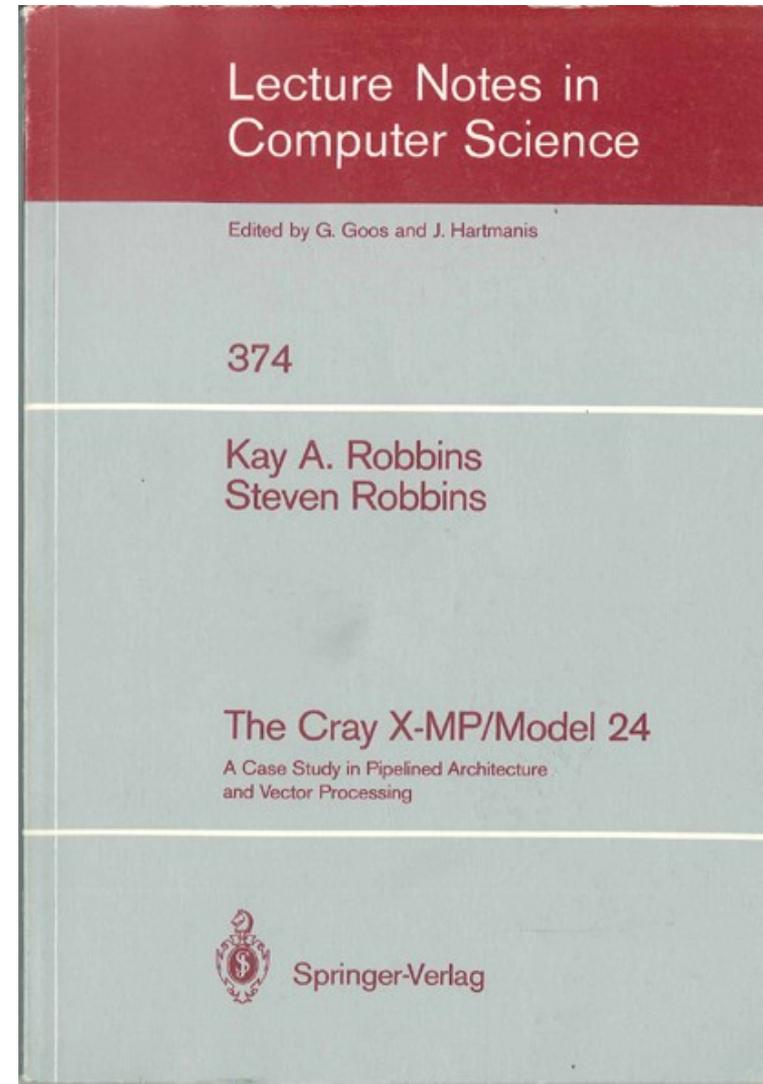
# ベクトル計算機とは





# 無料ではない教科書

- The Cray X-Mp/Model 24: A Case Study in Pipelined Architecture and Vector Processing
  - 出版社: Springer (1989/09)
  - ISBN-10: 0387970894
  - 発売日: 1989/09
- 非常にいい教科書
  - Cray X-MPがどうしてそのように作られているか,がわかる
  - シュプリンガーの  
レクチャーノートなのに、  
英語が非常に口語的で  
泣きそうに。
- これの全和訳もした
  - 5人程度の有志で



# ベクトル計算バンザイ＼(^ ^)／

- 来るべき新時代に向け勉強しよう
  - マニュアルを読むだけで非常に勉強になる
  - 浮動小数点演算についても詳しく書いてある
- 4章までアーキテクチャの説明
- 5章は命令の個別の説明で、これも興味深い

# ベクトル雑談

## ■ 姫野氏

- CRAYで遊んでいた
- ビジュアライゼーション
- A0サイズのプロッタ
  - 一枚に何コマも作図(作画)
- 紙をコマ撮り

# URL

## ■ CRAY X-MPなどのマニュアルがフリーに

<http://www.bitsavers.org/pdf/cray/>

[HR-0032\\_CRAY\\_X-MP\\_Series\\_Model\\_22\\_24\\_Mainframe\\_Ref\\_Man\\_Jul84.pdf](http://www.bitsavers.org/pdf/cray/HR-0032_CRAY_X-MP_Series_Model_22_24_Mainframe_Ref_Man_Jul84.pdf)



<http://www.takeoka.org/~take/supercom/cray-xmp.html>