



領域分割とその時系列表示が 可能な画像領域分割システム

徳島大学大学院ヘルスバイオサイエンス研究部
保健科学部門 医用情報科学講座

教授 吉永 哲哉

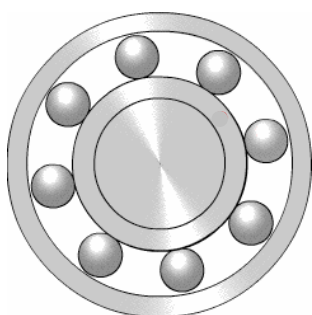
助教 藤本 憲市

徳島大学大学院保健科学教育部
保健科学専攻 医用情報科学領域

武藏 美緒

研究背景 (画像検査)

産業用製品の画像による品質検査

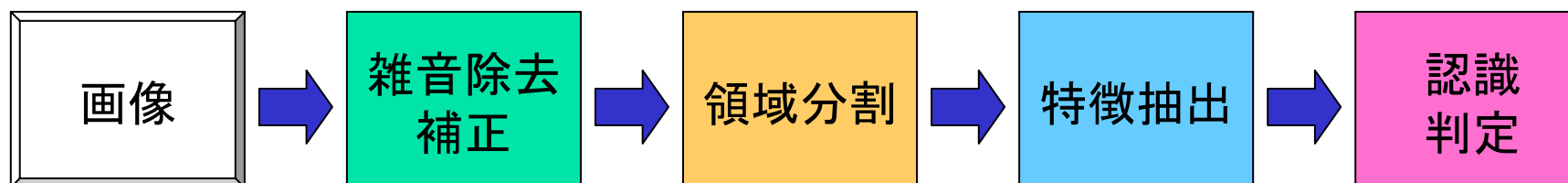


例: 製造したボールベアリングの品質検査項目

- ボールの数は規定の個数埋め込まれているか?
- ボールの大きさは規定の範囲内か?
- ボールの一部が扁平していないか? など

画像からボールの領域のみを切り出す → **領域分割**
各領域の個数, 面積, 形状を計測する → **特徴抽出**

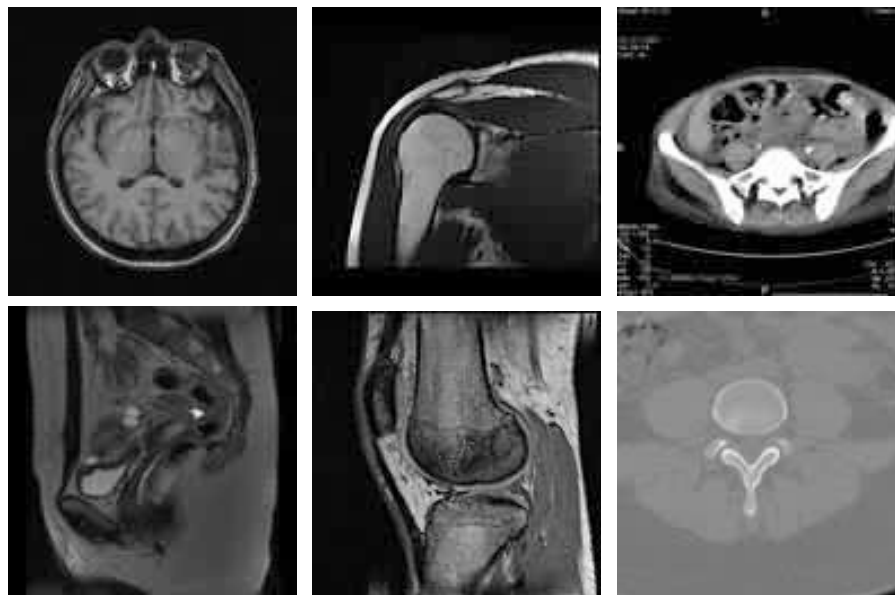
画像パターン認識の一般的な過程



研究背景 (医用画像診断支援)

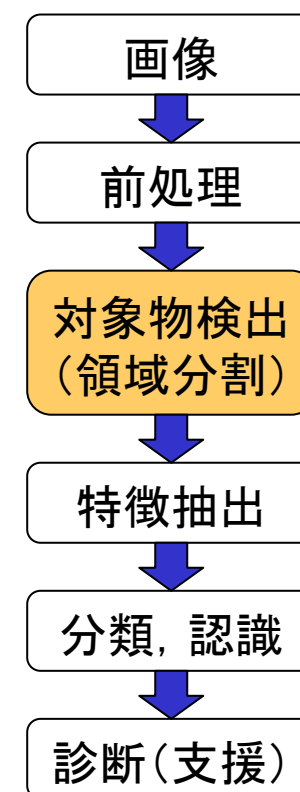
コンピュータによる医用画像診断支援

- 臓器や組織に異常はないか？
- 腫瘍などの病変は見当たらないか？



画像から臓器 (組織) の領域のみを切り出す
その領域の個数, 面積, 形状を計測する

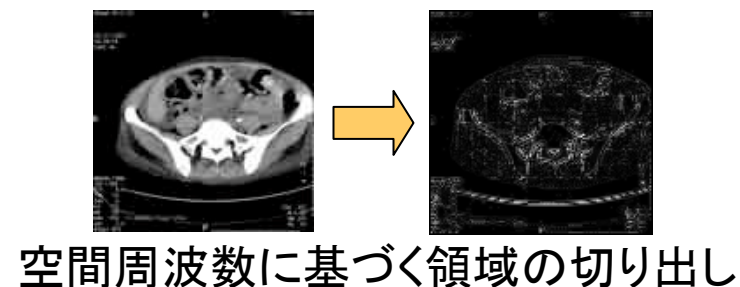
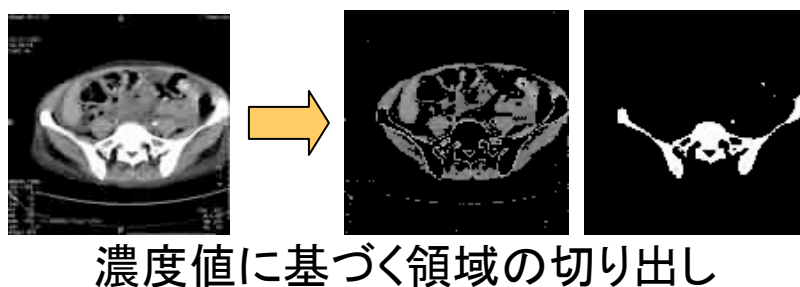
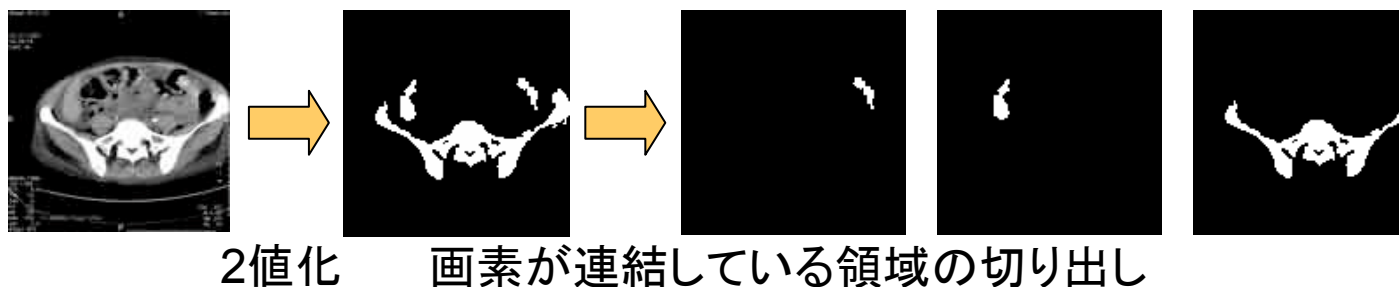
→ 領域分割
→ 特徴抽出



画像領域分割

「領域」の定義

- 画素が連結している領域
- 同じ(又は同程度の)濃度値^(注)を持つ領域
(注)カラー画像の場合は各色の濃度値
- 同じ(又はある帯域幅の)空間周波数を持つ領域



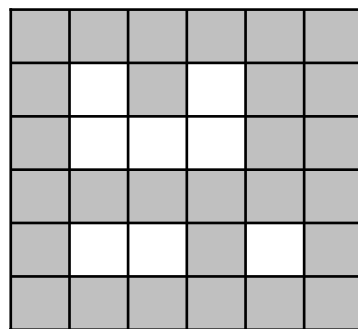


研究目標

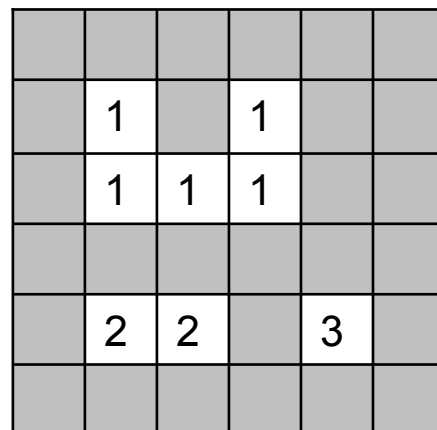
- 濃淡画像から、同程度の濃度値を持つ連結領域を抽出(非連結領域を分割)する方法の開発。
 - 医用画像から臓器(組織)領域を抽出する技術に応用できる。
- CT画像やMRI画像など、膨大な画像データとなる3次元医用画像に対しても実用的な処理速度を持つ方法の開発。
- 領域分割と同時に、領域分割された画像列を時系列データとして提示できる機能を持つ方法の開発。なお、ここでは、この機能を「動的画像領域分割」とよぶことにした。
 - 視覚情報処理機能実現の基盤技術となりうる可能性あり。

従来技術(ラベリング)

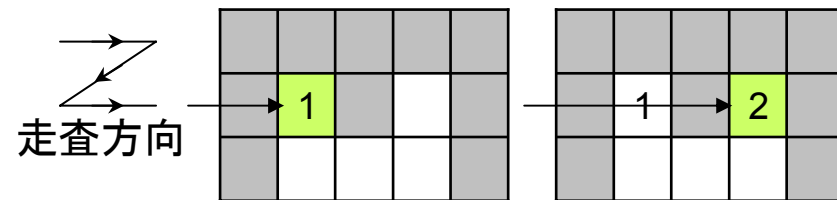
- 各画素にラベル(番号)を付与することにより、画素が連結している領域を分割(抽出)する方法。



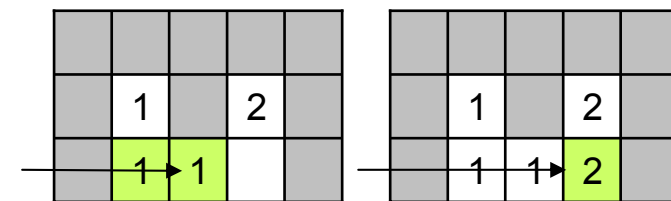
入力画像



自然数ラベルが付与された画像



当該画素にラベルがなく、連結(上, 左の)画素にもラベルがなければ新規番号を付与



連結(上又は左)画素のラベルを付与

(注)この後、単一領域内の複数ラベル除去等のため、全画素の再走査が数回必要。

ラベリングのアルゴリズム

ラベリングの特徴と問題点

- 対象画像
 - 2値画像のみ. 濃淡画像への適用には前処理(2値化)が必要.
 - 3次元医用画像への適用も可能. しかし, 計算量が多く実用的であるかどうかは未確認.
- 分割する領域数と分割の再現性
 - 非連結の画像領域を確実に分割でき, 任意の領域数にも対応できる.
- 並列処理化及び計算量の問題
 - 逐次法のため並列処理化に不向きと考えられる. また, 上述の自然数ラベリングを行うには, 全画素を数回 \cdots 走査する必要があるため計算量は多い.

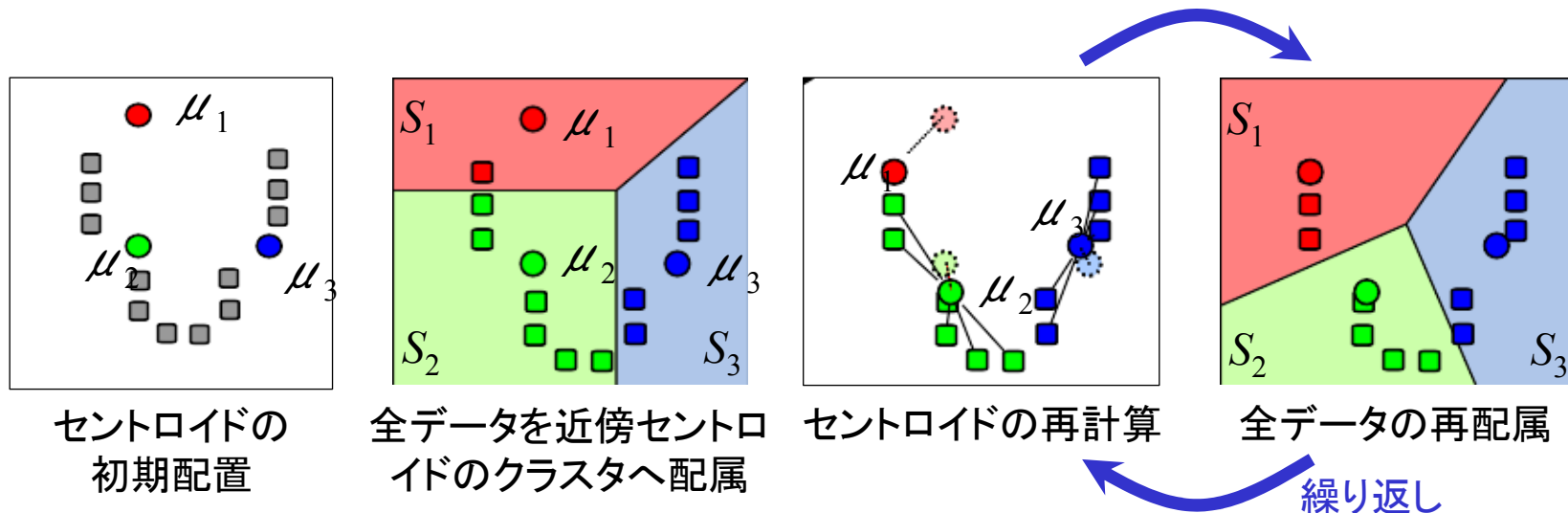
従来技術 (K-mean法)

データ数を N , 分割クラスタ数を $K (< N)$ として, 目的関数

$$V = \sum_{i=1}^K \sum_{x_j \in S_i} \|x_j - \mu_i\|^2$$

x_j : S_i に属するデータ
 μ_i : S_i のセントロイド (S_i の重心)

を最小化する分割最適化クラスタリングの代表的手法.



上図は, http://en.wikipedia.org/wiki/K-means_algorithm より引用

K-mean法の特徴と問題点

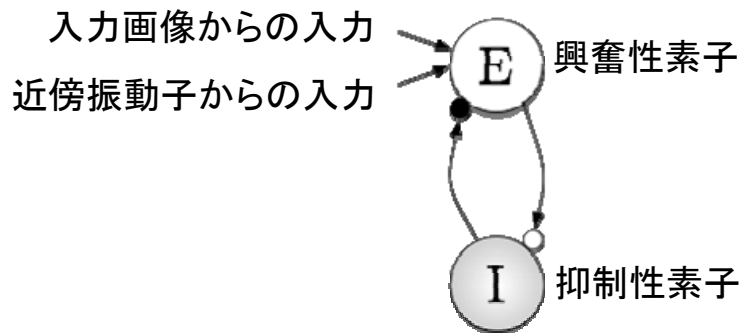
- 対象画像
 - 2値画像のみならず, 白黒濃淡画像及びカラー画像にも適用可能.
 - 計算量の観点から, 3次元医用画像への適用は難しいと考えられる.
- 分割する領域数の問題
 - 分割する領域(クラスター)数 K を, あらかじめユーザ側で設定する必要あり. 入力画像に応じた分割数の自動決定は不可. 画像中の各連結領域の形状と配置によっては非連結領域の分割も可能だが, 基本的には, 濃度分布に基づいた領域分割に用いられる.
- 初期値問題
 - 初期セントロイドはランダムに与えられ, 最終分割結果は, その初期値に依存する. そのため, 常に最適解が求まるとは限らない.
- 並列処理化及び計算量の問題
 - 逐次法のため並列処理化には不向きと考えられる. また, 逐次過程毎にで統計量を求める必要があり, 計算量は非常に多い.

従来技術 (LEGION)

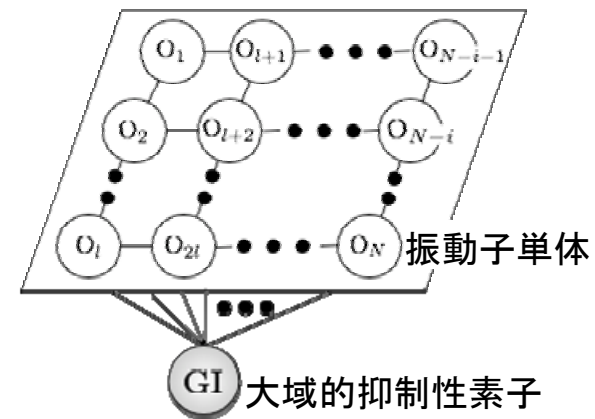
D. L. Wang and D. Terman, "Locally Excitatory Globally Inhibitory Oscillator Networks," *IEEE Trans. Neural Networks*, Vol.6, No.1, pp.283-286, 1995.

■ LEGIONの構造

- 振動子単体は, 1個の興奮性素子と1個の抑制性素子で構成され, 入力画像と近傍振動子からの二つの外部入力にのみ入力される. 1個の振動子は1画素に対応する.
- 振動子は網目状に配置され, 近傍の振動子と相互に結合する.
- 大域的抑制性素子は全振動子の発火を検知し, もし一つでも発火状態にあれば, 全振動子の活動レベルを抑制する機能を持つ.



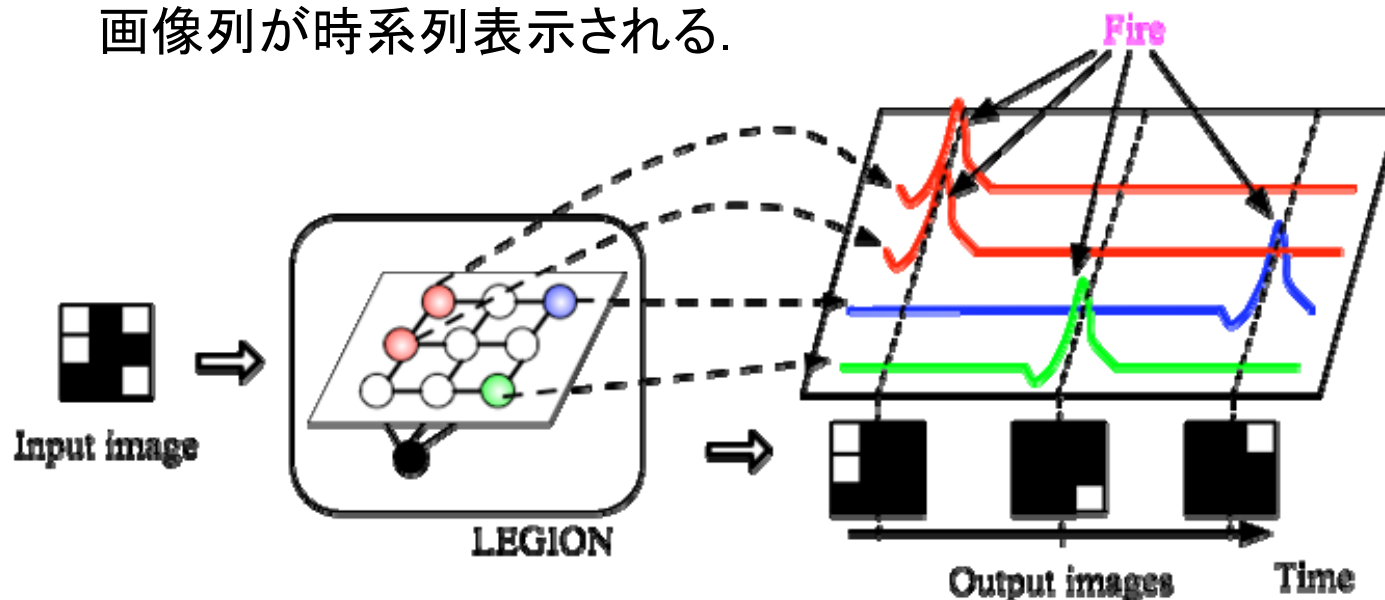
振動子単体の構造



LEGIONの構造

LEGIONによる領域分割の原理

- 振動子の応答に基づいた時空間領域分割
 - LEGIONは常微分方程式で記述され、そのダイナミクスに基づいて動的画像領域分割が実現される。
 - 白色画素に対応した振動子のみ、周期的な振動応答が生じる。その振動応答に基づいて画像列が作成され、同時にその画像列が時系列表示される。



(注)各振動子の振幅値を出力画像の画素値に対応させる。

LEGIONの特徴と問題点

- 対象画像
 - 2値画像のみ. 濃淡画像への適用には前処理(2値化)が必要.
 - LEGIONの構造の3次元化により, 3次元医用画像への対応も容易.
- 並列処理化
 - 各振動子は独立して動作可能なため, マルチプロセッサ上での並列処理化に適していると考えられる.
- 動的画像領域分割
 - 振動子の時間応答に基づいて画像を生成しているため, 領域分割と同時に分割画像を時系列で提示できる.
- 初期値問題
 - 振動子にはランダムに初期値を与えるため, 常に正確な画像領域分割結果が得られるとは限らない.
- 計算量及び処理結果の再現性に関する問題
 - LEGIONの応答を求めるには, 高計算コストの数値積分法が必要.
 - 低計算コストの数値積分法を採用した場合, 計算量は削減される(領域分割処理速度は向上する)が, 振動応答を再現できない可能性が生じる.

従来技術の特徴比較

	ラベリング法	K-mean法	LEGIONによる方法
対象画像	2値画像のみ	2値画像, 濃淡画像 カラー画像	2値画像
領域分割の正確度	確実に分割可能.	初期値に依存するため 不定. 分割領域数は初 期設定値に固定される.	初期値に依存する ため不定.
計算量	全画素を数回走査 する必要があるた め多い.	逐次過程毎に統計量を 計算するため非常に多 い.	常微分方程式を解く ため非常に多い. た だし, 採用する数値 積分法に依存.
並列処理化	全画素を走査する ため, あまり適さな いと考えられる.	逐次処理のため適さな いと考えられる.	各振動子が独立に 動作するため適すと 考えられる.
動的画像領域分割	不可	不可	可能



新技術の概要

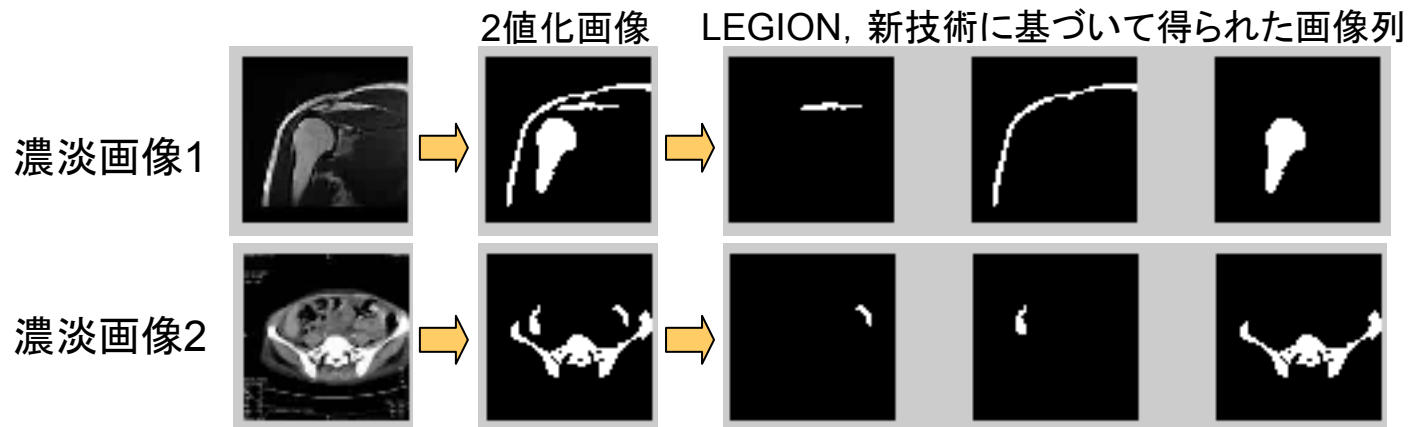
- システムの概要
 - LEGIONによる動的画像領域分割の原理を, 差分方程式で記述されたシステム(離散時間システム)を用いて実現.
 - 各素子は独立に動作可能(並列処理化に適している).
 - システムの構造の3次元化は容易.
- 対象画像
 - 2値画像のみ. 3次元画像への対応も容易.
- 処理速度
 - 従来技術よりも高速な処理が可能. 特に, 動的画像領域分割が可能なLEGIONと比較すれば約25倍^(注)も高速.
- 処理結果の再現性
 - (LEGIONと比較して)数値積分法は不要. システムパラメータと初期値が同じであれば, 常に同じ処理結果が得られる(処理結果の再現性が保証される).

(注)LEGIONは, 4次のRunge-Kutta法(4次)を用いステップ幅 0.125[s] で計算.

新技術の特長(処理速度)

	ラベリング法	K-mean法	LEGION	新技術
濃淡画像1	1.78 (1.85)	分割できず	24.2 (25.2)	0.96 (1.0)
濃淡画像2	1.77 (1.82)	分割できず	24.1 (24.8)	0.97 (1.0)

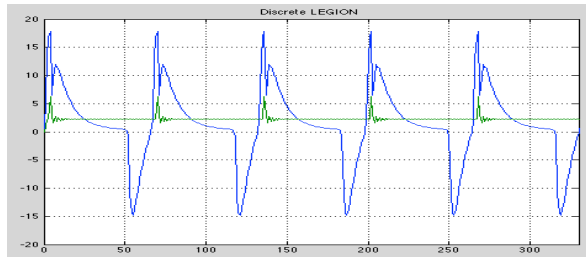
- 計算機環境: CPU: Intel Pentium4 3.8GHz, Memory: 3GB, OS: Red Hat Linux, Software: Octave2.1.73
- 表中の数値: 2値画像入力から分割画像(列)を得るまでの所要時間[秒]. 括弧内の数値は新技術を1としたときの倍数值. LEGIONにおいては, 4次のRunge-Kutta法, ステップ幅 0.125[s]で計算.



(注) 127×127画素の白黒濃淡画像(256階調)を2値化後, 膨張・収縮処理により小領域を除去.

新技術の特長(結果の再現性)

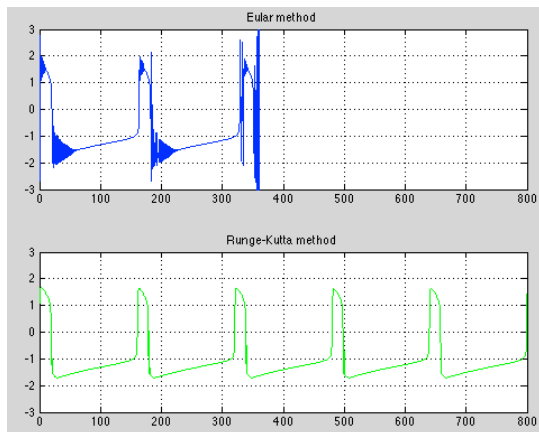
■ 新技術



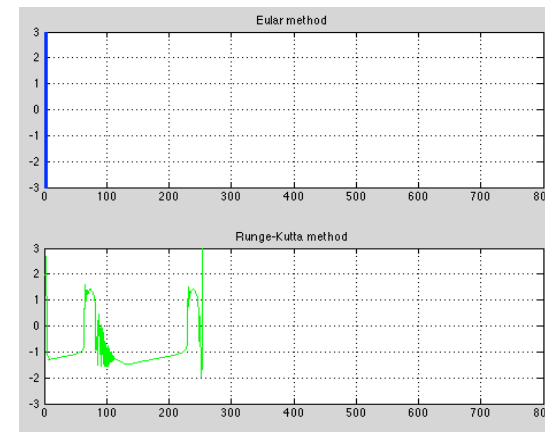
システムパラメータ値と初期値が同じであれば、常に同じ結果が得られる。すなわち、画像領域分割結果の再現性が保証される。

新技術のシステム上で観測される振動応答

■ 従来技術(LEGION)



ステップ幅 0.435[sec]の場合



ステップ幅 0.66836161[sec]の場合

システムパラメータ値と初期値が同じであっても、採用した数値積分法及びステップ幅によっては常に同じ振動応答が得られない。すなわち、画像領域分割結果の再現性が保証されない。

新技術のシステム上で観測される振動応答(上段:オイラー法, 下段:ルンゲクッタ法)



想定される用途

- 画像処理技術の基盤技術
 - 画像領域分割処理は、画像処理における基盤技術の一つである。本技術は未だ基礎研究段階ではあるが、研究の継続によって本技術の完成度が高まれば、その適用範囲は広いと考えている。
 - 例えば、画像検査機器（産業用）、医用画像診断支援装置など。



想定される業界

- 画像検査機器の開発メーカー
- 医用画像診断支援装置の開発メーカー
- その他, 画像領域分割処理を用いた機器を開発しているメーカー, 及び関連研究を実施している研究所など



実用化に向けた課題

- 初期値問題
 - システムに与える初期値によっては、画像領域が正確に分割できないことがある。これを回避するため、基礎研究を継続して適切なシステムパラメータ値を探索する必要がある。
- 同時に分割可能な画像領域数の問題
 - 現システムでは、同時に分割可能な領域数が三つまでに限定されている(システムの力学的性質に起因していると考えられる)。システム構造又はアルゴリズムの改良により、四つ以上の非連結領域を持つ画像に対応させる必要がある。..
- 対象画像の拡張
 - 本技術は、現時点では2値画像..のみに対応した領域分割システムである。白黒濃淡画像(カラー画像含む)や3次元画像にも対応できるよう、システムの構造を改良していく必要がある。



企業への期待

- 基礎研究の継続
 - 初期値問題及び、分割領域数問題については、本研究グループ独自の解析方法などにより克服できると考えている。
 - 本技術は未だ基礎研究の段階であり、上記問題点の解決や、対象画像の拡張(白黒濃淡画像, カラー画像, 3次元画像への対応)に関する基礎研究を継続する必要がある。
- 動的画像領域分割を活かした製品イメージ
 - 領域分割が可能というだけでなく、分割画像が時系列に表示できるという特徴を活かすことができる製品像を持っておられる企業との共同研究を希望。
- ハードウェア化技術
 - 画像処理アルゴリズムのハードウェア実装技術を持っておられる企業…との共同研究を希望。



本技術に関する知的財産権

- 出願人: 徳島大学
- 発明者: 吉永哲哉, 藤本憲市, 武藏美緒



技術内容に関するお問い合わせ先

株式会社テクノネットワーク四国
(通称:四国TLO)

技術移転部

土取 孝弘

Tel 087-811-5039

Fax 087-811-5040

e-mail tsuchitori@s-tlo.co.jp