

Posters & Papers DL

使用ツール

Signal Processing Toolbox DSP System Toolbox

Audio Toolbox

**MATLAB** Compiler

# 単眼立体視の原理と現代制御理論を応用した空間音響再現

- 〇岩村宏\*1, 安田彰\*1\*2, 岡村淳一\*1 (\*1Trigence Semiconductor, \*2法政大学)
- 数cm~間隔のステレオスピーカー一つで空間的広がりのある音像を再現
- 頭部伝達関数(HRTF)や残響音不使用

特徴

- 個人差が小さい スイートエリアが広い 音質変化が少ない
- 演算量が少ない(Floating-point DSPで8MIPS以下、Fixed-point DSPでその8倍程度)
- バイノーラル音源だけでなく、通常の音楽ソース(2ch mix)においても効果的
- イマーシブオーディオ再生にも効果的(Dolby Atmos<sup>®</sup>、DTS:X<sup>™</sup>、Auro-3D<sup>®</sup>、dearVR、NetEnt等)



- スピーカーの状態空間モデルと現代制御理論を用いた、新たな空間音響再現手法
  ✓ 音像認識上の阻害要因であるクロストークのみを、独自技術である Dtsc®を用いてキャンセル
  > スピーカーの振動板の動きまで含めた高精度かつ安定なクロストークキャンセラー
  - ✓ あとは人間の音像認識能力にゆだねる

# MATLABを用いた開発のメリット

- Simulinkを用いたアルゴリズム開発~GUIアプリ開発までの連携が容易
- 音楽プレイヤー機能、MIDI UI機能の実装が容易
- 同一ソースからWindows/Mac両OS向けGUIアプリが作成可能





# Arduino-MATLABによるセンサ情報の取得



## コニカミノルタ株式会社 西垣 森緒

# 今回のミッション:

弊社内でフリーハンドによる位置(移動情報)取得手段の打診があった。

移動距離は数十cm ⇒ GPS は使えない

・カメラ、レーダなどはマーカーが必要なため却下

・フリーハンドで非接触に検出したい⇒接触センサも使えない
 モーションセンサくらいしか残っていない

## <u>なかなか難しい:</u>

角度&傾き計測は実用精度(VRとかカメラのジンバル)。しかし、移動計測は先行文献はあるが、意外に難易度が高い。



擬似データの生成ができる⇒重いものなどリスキーな実験の事前検討が容易

各種フィルタや座標変換ツールがあって便利

処理速度が若干重いかも⇒今後に期待

# Vehicle Dynamics Blockset と Unreal Engine 4 を連携した AEBの挙動可視化システムの構築

パーソルR&D株式会社 MBD推進室 MATLAB EXPO 2019 展示資料

使用したツール

■ Vehicle Dynamics Blockset (バージョン 1.1)

■ Vehicle Dynamics Blockset Interface for Unreal Engine 4 Projects (バージョン 18.2.0)

■ MATLAB (バージョン 9.5)
 ■ Simulink (バージョン 9.2)

■ Stateflow (バージョン 9.2)

# はじめに

モデルを用いたシミュレーションは、実機レスの状態で事前検証が可能な点が有益なポイントの一つである。 その一方で、下記のような課題も存在する。

- 数値的な結果だけでは、視覚的・直感的なシステムの挙動の把握が困難である。
- シミュレーションの内容によっては、「周囲の環境」の構築が必要である。

今回、この課題解決に向けてAEBのシミュレーションを題材として取り上げた。このシミュレーションには周囲の環境が必要であり、 その環境を含めて視覚的に挙動を把握することが検証において重要となる。本ポスターは、このシステム構築における概要と、今後 の展開についてまとめたものである。

# AEBとは?

AEB(Autonomous Emergency Braking)とは、自車が障害物を検知し、衝突の危険が あると判断した場合に警報およびブレーキ制御をするものである。日本語では「衝突被害軽減ブ レーキ」とも呼ばれる。障害物の検知は車両前方に取り付けたカメラやミリ波レーダ、LiDARなどの センサによって行われる。センサデータはさらに整理され、検知物が障害物であるかを見極める。制 御システムは、このセンサデータや自車速などの自車データをもとに衝突の危険度を算出し、それ に応じて警報やブレーキ制御をドライバーに代わって行う。



図1:AEBのイメージ図

このような制御の仕組み上、AEBの開発においては「周囲の環境」として障害物および道路が必要と なる。(障害物とは、自車と独立して走行する他車や、歩行者、静止物などさまざまである。)また、自 車が障害物を検知する手段としてセンサも必要となる。これらを開発初期から実環境に用意するのは非 常に高コストであり、事故などの危険性も高い。このようなシステムの開発においては、シミュレーションの 活用は欠かせないと言える。



図2:AEB開発・検証に必要なもの

# Vehicle Dynamics Blockset と Unreal Engine 4の連携

AEBのシミュレーションのため、Vehicle Dynamics Blockset(以下、VDBとする)を導入した。このブロックセットは車両プラントモデルの構築だけでなく、ゲームエンジンであるUnreal Engine 4(以下、UE4とする)と連携することが出来る。この連携により、下記のような効果が得られる。

#### ■ シミュレーションによる挙動の可視化

車両や道路、建物などの3Dモデルを並べてUE4上に仮想環境を構築し、3Dモデルの位置や姿勢などをシミュレーション結果によって逐次更新することで、アニメーションによる視覚化ができる。

視覚的・直感的なシステムの挙動の把握

■「周囲の環境」の情報をSimulinkへフィードバック

VDBのVehicle Terrain Sensorブロックは、レイトレースと呼ばれる手法によってUE4における自車から前方オブジェクトまでの距離を取得できる。

#### 「周囲の環境」の制御への取り込み

今回構築したシステムの全体概要を図3に示す。AEBについては、自車速と前方障害物まで の距離により危険度を判断してブレーキをかける簡易的な制御を搭載した。他車の挙動に関し ては詳細なダイナミクスなどは不要のため、UE4のプログラム作成システムであるブループリントに より動きを制御をしている。自車に関しては、VDB提供のブロックにより車両ブラントモデルを作 成し、障害物検知のためにVehicle Terrain Sensorブロックによってセンサを模擬した。 この連携により、センサによる障害物の検知、AEBによるブレーキの発動、それに伴う車両挙

動のアニメーションによる可視化が実現できる。この構築したシステムな活用することで、AEBの 制御の改良や独自機能の追加に対しても、制御モデルを更新してシミュレーションすることで振 る舞いを事前検証出来た。

# まとめ / 今後の展望

今回のシステムは、VDBとUE4を連携することにより、AEBのシミュレーションとその可視化を実現することが出来た。Simulinkだけでなく外部アプリケーションを含めてシステムを構築することで、より自由で複雑なシミュレーションが可能となることを改めて理解出来た。

今回はレイトレースの手法によるセンサブロックを用いてミリ波レーダを模擬したが、VDBには車両に取り付けたカメラからの映像データを取得するブロックも用意されている。これらの活用によって、例えばカメラ映像の画像処理による障害物あるいは車線の検出アルゴリズムなども仮想環境を用いて検証でき、より幅広い開発においてシミュレーションが適用できる。これは、フロントローディングによる上流設計の強化と開発後期のリスク低減、全体的な開発期間の削減という点で、大きなメリットとなる。



図3: AEBの挙動可視化システム 全体概要

■ お問い合わせ先 開発管理本部 開発管理部 MBD推進室 Mail: mbd-prd@persol-rd.co.jp







# クラウドプラットフォーム/AI時代に向けた 複合衛星画像の自動スタッキングツール開発

Development of Complex Image Stacking tool for Machine Learning and Cloud Satellite data Platforms

佐々木 善信、河村耕平、中元経史朗、大吉 慶 Yoshinobu Sasaki (<u>sasaki.yoshinobu@jaxa.jp</u>), Kohei Kawamura, Keishiroh Nakamoto, Kei Ohyoshi, 国立研究開発法人 宇宙航空研究開発機構 第一宇宙技術部門 地球観測研究センター

#### 概要 1

- 昨今、衛星画像を使用したビジネス及びその利用可能性が注目されており、大容量・高速計 算が可能な衛星データプラットフォームとして、Google Earth Engine, Tellus等が開発・公 開されている。プラットフォームの既往データについては便利に利用できる一方で、新規・ 個別に衛星画像データを挿入・利用する場合、ftpサーバでのファイル識別・ダウンロードの 手間やそのフォーマットの特殊性から<u>その利用が容易ではない</u>。
- 上記の課題を解決し、かつ、無料で公開されているJAXAの衛星データ利活用を推進するため 中分解能(100m~数km)画像をターゲットとして本ツールを開発した。<u>本ツールは、ユーザ</u> が関心期間・領域・衛星画像種類を指定するだけで、自動でデータを識別・ダウンロード、 読込・統合・投影、ファイル(プラットフォームにアップロード可能なGeotiff及びPNG)出力 を行うツールである。現時点では、JAXAのGCOM-C(しきさい) SGLI(多波長光学放射計)及 びNASAのTerra/Aqua衛星MODISセンサ(可視赤外域放射計)のデータを出力可能である。本 ツールを利用することで、ユーザ側は衛星データの特殊性に触れることなく、衛星画像を入 <u>手/出力可能</u>となり、<u>後段処理に機械学習等への利用も容易</u>となる。
- なお、本ツールは、MATLAB及びツールボックスを用いた。これらのツールボックスは、特 殊な衛星画像の読み取り、投影、高速処理、アプリケーション化に非常に役に立った。今後 は本ツールの対応画像拡大に継続して取組み、並行して<u>本ツール(無料)</u>を生かしたビジネス 利用/協業等の可能性についても模索していきたい。



図 Google Earth EngineでのGCOM-C SGLI 全球RGB表示結果 (2018年4月 地表面反射率統計データ)



	TD	分暇	プロダクト	TD	<b>単</b> 位		ID	分野	プロダクト	ID	単位
Aqua (C) NASA	10	75	20221	10	<b>=</b> 1 <u><u>u</u></u>	しきさい(GCOM-C)	1	輝度	大気上端(TOA)放射輝度	LTOA	W/m2/um/sr
	1	陸	葉面積指数(LAI)	MCD15A2H			2	陸	大気補正済陸域反射率	RSRF	-
	2	<b>2</b>					3	陸	植生指数	VGI_(NDVI/EVI_/SDI_)	-
		陸	Terra反射率	MOD09GA			4	陸	地上部バイオマス	AGB_(VRI_)	-
	3	陡	Terra抛表而温度(1日)	MOD11A1	ĸ		5	陸	葉面積指数	LAI_(FPAR)	-
	_	PE		MODITAL	IX.		6	陸	地表面温度	LST_	К
	4	陸	Terra地表面温度(8日composite)	MOD11A2	К		7	大気	陸上エアロゾル(近紫外)	ARNP	-
	_						8	大気	陸上エアロゾル(偏光)	ARPL	-
	5	陸	Terra 植生指数	MOD13A1			9	大気	水雲光学的厚さ	CLPR	
MODIS画像の特徴	6	R先	Agua反射率	MYDOOCA		SGLI画像の特徴	10	海洋	正規化海水射出放射輝度	NWLR	W/m2/str/um
分解能250m- <b>1000m</b> ! <mark>1日に1回</mark> の高頻度観測!	<b>0</b> 腔2	PE	Aqua/文列平	MIDUSGA			11	海洋	海面水温	SST_	degC
	7	陸	Agua地表面温度(1日)	MYD11A1	К	分解能250m-1000m!	12	海洋	クロロフィルa 濃度	IWPR (CHLA/TSM_/CDOM)	mg/m3
						1~2日に1回の高頻度観測!	13	雪氷	積雪·海氷分布	SICE	
10年以上の大量データ!	8	陸	Aqua地表面温度(8日composite)	MYD11A2	K	同時刻に膨大か特徴景観測!	14	雪氷	雪氷面温度	SIPR	К
なんとデータは <mark>無料公開中</mark> !	9	陸	Aqua植生指数	MYD13A1		なんとデータは無料公開中!		※ 一部プロダクトは、8日・1か月統計データに対応 ※ レベル2プロダクトのみ。2018年1月以降のデータが利用可能			
							× 2	018年8	6月~10月のノロタクトは再処埋中	(現時点では利用个可)	

#### ツール及び出力画像の使い道(参考例)





関東で最も地表面 温度が高いのはどこ?





海面水温模様に





誕生日のオリジナル マグカップ素材に

まとめ・今後の展望 6

#### 季節限定?どこから? 参考サイト 7

この赤い川は

[1] MODIS利用のユーザ登録 (NASAサイト): https://urs.earthdata.nasa.gov/users/new

癒される

- MODIS データプール(NASAサイト): https://lpdaac.usgs.gov/tools/data-pool/ [2]
- G-portal ユーザ登録: https://gportal.jaxa.jp/gpr/user/regist1 [3]
- 標準プロダクト&アルゴリズム (GCOM-C HP): https://suzaku.eorc.jaxa.jp/GCOM\_C/data/product\_std\_j.html SGC-180024 気候変動観測衛星「しきさい」(GCOM-C)データ利用ハンドブック
- https://gportal.jaxa.jp/gpr/assets/mng\_upload/GCOM-C/GCOM-C\_SHIKISAI\_Data\_Users\_Handbook\_jp.pdf SGC-180022 SGLI 高次プロダクトフォーマット説明書 [6]
  - https://gportal.jaxa.jp/gpr/assets/mng\_upload/GCOM-C/SGLI\_Higher\_Level\_Product\_Format\_Description\_jp.pdf

衛星画像の非専門家ユーザーが衛星画像を容易に利用するた めのツールを開発した。今後はさらなるデータセットの追加 対応・改修を行うとともに、後段の機械学習アルゴリズム検 討、社会課題解決への適用に取り組む。

最後に、本ツールに興味がある、使ってみたい方がいらっ しゃいましたら、佐々木(sasaki.yoshinobu@jaxa.jp)までご 連絡ください。

# 顕微赤外分光法に対する深層学習の応用

Application of Deep Learning to Micro-Infrared Spectroscopy

朴木 野理子1, 戸田 功一2 1 データオフィス ホウノキ, 2 パンタレイテクノロジー株式会社

#### 1 Abstract

顕微赤外分光法は、光学顕微鏡の可視画像のようにサンプルの赤外イメージを取得する方法であり、サン プル内の成分分布の評価等を目的に幅広い分野で応用されている。しかし赤外イメージを分類することは比 乾的難しい。一方、画像を用いた深層学習は近年飛躍的に発展している。そこで、得られた赤外イメージを 「多チャンネルのイメージデータ」と捉え、深層学習でモデルを構築、分類できないか検討した。また多数 あるチャンネル数を3つに絞り、転移学習も検討した。

Micro-infrared spectroscopy is a method of acquiring infrared images of a sample like visible images of an optical microscope, and is applied in a wide range of fields for the purpose of evaluation of component distribution in the sample. However, it is relatively difficult to classify infrared images. On the other

hand, deep learning using images has been dramatically developed in recent years. Therefore, we considered infrared images as "multi-channel image data" and examined whether it was possible to construct models and classify uncategorized images by deep learning. We also considered transfer learning by selecting three of the channels.



#### 3.1 Visible and IR Images



### 4.1 Result of Deep Learning



Confusion Matrix							
口紅1	10 25.0%	0 0.0%	0 0.0%	0 0.0%	100% 0.0%		
口紅2	0 0.0%	10 25.0%	0 0.0%	0 0.0%	100% 0.0%		
F∃⊐1	0.0%	0 0.0%	10 25.0%	1 2.5%	90.9% 9.1%		
チョコ2	0.05	0 0.0%	0 0.0%	9 22.5%	100% 0.0%		
	100% 0.0%	100% 0.0%	100% 0.0%	90.0% 10.0%	97.5% 2.5%		
口紅1 口紅2 チョコ1 チョコ2							
Target Class							
深層学習で得たモデルの分類精度は 97.5%であった。							

#### About Micro-Infrared Spectroscopy



# 2 Overview of the Experiment



#### 3.2 Data Structure



#### 4.2 Result of Transfer Learning

- チャンネル数の絞り込みについて .
- AlexNetの入力データは3チャンネル(= RGB)である一方、赤外イメージデータ は236チャンネル(= 波数)である。 赤外イメージデータをAlexNetへ入れる ため236チャンネルを3チャンネルに該 り込んだ。有望な3チャンネルを客観的 に選択するため以下の2手順で行った。



#### Confusion Matrix 83.3% 16.7% 口紅1 10 25.0% 0.0% 5.03 0.05 100% 口紅2 8 20.0% ass 0.01 0.0% 0.01 õ チョコ1 100% 0.0% 0.05 0.03 0.0% 20.0% tndtnO チョ⊐2 10 25.0% 83.3% 16.7% 0.05 0.0% 2 90.0% 80.0% 80.0% 100% 0.0% 100% 0.0% 20.0% 20.0% 10.0% 口紅1 口紅2 チョコ1 チョコ2 Target Class 転移学習で得たモデルの分類精度は

90.0%であった。

## **5** Conclusions/Future Works

- ◆ 赤外イメージを多チャンネルデータとして捉え、深層学習と組み合わせることが

- ◇パイン・シーン・・
  できた。
  ◆ 深層学習モデルの精度は97.5%であった。
  ◆ 転移学習モデルの精度は90.0%であった。
  ◆ 転移学習モデルの精度は90.0%であった。
  ◆ これらの結果より食品、医薬品、高分子等の分野において混合物からなる製品の 良否判定やブランド特定に応用できる可能性を見出した。

使用したMATLAB Toolbox Deep Learning Toolbox, Parallel Computing Toolbox, Statistics and Machine Learning Toolbox

#### <u>謝辞</u>

本研究にあたり有益なご助言を戴いた マスワークス合同会社 縣亮氏、西田真琴氏、 資生堂株式会社 中谷善昌氏に感謝の意を表します。

#### お問い合わせ先

パンタレイテクノロジー株式会社 cont\_u@pantaray.co.jp PantaRay データオフィス ホウノキ data\_office\_hk@blue.ocn.ne.jp



# 精神疾患患者iPS細胞由来神経細胞動態の 画像処理技術を用いた解析 央戸恵美子、有岡祐子、尾崎紀夫 名古屋大学大学院医学系研究科精神医学分野



#### 概要と目的

精神疾患の発症メカニズム(病態)は、未だに不明なところが多く、病態 に基づく治療法開発の糸口が見出せないのが現状です。当研究室で は、精神疾患患者から樹立したiPS細胞を元にして精神疾患モデル細 胞を作製し、解析をしています。患者iPS細胞から作製した神経細胞は、 患者の脳神経細胞の状態を再現していると考えられ、それら神経細胞 の動態を明らかにすることにより、精神疾患の病態解明につながると 期待されます。現在、神経細胞動態を解析するため、MATLABのImage Processing Toolboxなどを使って画像情報処理を行い、細胞形態の認 識、移動方向などのデータを可視化しています。脳の構造が作られる 時に重要な役割を果たす、神経細胞の動き方や形態について調べて おり、複数の新しい知見を得ています。

#### 画像情報処理の例(1)



精神疾患の発症には稀なゲノム変異が関与することがあります。稀なゲ ノム変異を保持する患者由来のiPS細胞を使って、神経細胞の発達を再 現して観察し、性質を同定することが可能です。この例では、シンプルな 画像情報処理で細胞形態を認識することによって、稀なゲノム変異があ る細胞ではどのような性質の変化があるかを調べました。



移動途中の細胞の位相差画像を取得します。フィルター処理などで細胞の輪郭を抽出して、regionprops 機能を使って楕円型にフィッティングし、 細胞の向きとして長径方向の角度を求めました。



Regionprops functionにある、凸包(convex hull)を使った値(solitude)をひ とつの目安として、どれくらい割合で認識の失敗があるかを事前に見積も ることができました。Solitudeが0.7以下のときを異常値として36個の認識 異常が見つかり、最終的に目視確認と合わせて62個を認識異常として除 外しました。結果として1686個のうち96.3%のデータが使用可能となりまし た。 細胞の向きと細胞の移動方向の関係を調べると、稀なゲノム変異がある 細胞では、両者の方向がずれていることがわかってきました。



細胞が移動するときには、足がかりとなる周囲の構造物との関係や、細胞から出ている突起の状態、細胞と細胞の接着(attractive)機能や反発 (repulsive)機能などの様々な因子が関係します。稀なゲノム変異を持つ 細胞では、もともと接着機能や反発機能に障害があり、その結果上記の ような性質の異常を示すのだろうと考えています。

#### 画像情報処理の例(2)



この例では、発達初期の神経細胞が多数の突起を伸ばしているときの 状態を、画像処理を使って定量化しました。突起の数や長さを測り、稀な ゲノム変異がある細胞では、健常対照群の細胞よりも突起が長いことが わかりました。細胞の突起は、いろいろな種類の細胞で一般的にみつか るもので、ストレス応答とも関係があると考えられています。

このポスターにある稀なゲノム変異は、人口の数千人~数十万人にひと りの割合で見つかるもので、ここで示したようなiPS細胞由来の神経細胞 を使うことによって性質を調べることが可能です。こころという漠然とした 状態を扱う問題に対して、科学的なアプローチが可能となってきています。 精神疾患患者の神経細胞でどのような現象が起こっているかを調べ、ど のような治療法の開発が考えられるかなど、疾患の病態解明と治療法 へと研究を進めることが可能になります。

#### 論文発表

Single-cell trajectory analysis of human homogenous neurons carrying a rare RELN variant. Translational Psychiatry 8, Article number: 129 (2018)  $\omega \mathcal{E}$ 

(COI開示)本研究は日本学術振興会科学研究費助成事業と日本医療 研究開発機構の研究費を受けて行いました。本研究発表内容に関して 発表者が開示すべきCOI関係にある企業や団体はありません。

This article is a technical report without peer review, and its extended version may be published elsewhere.



# CNN&SVMの設計・訓練・評価・実装ツール

# 山陽小野田市立山口東京理科大学 工学部 機械工学科 永田研究室

深層学習の中でも最も応用が盛んな畳み込みNN(Convolutional NN)と、カーネルトリックにより非線形な分類が可能となるサ ポートベクタマシン(SVM)をユーザフレンドリに設計できる図1のようなDCNN&SVM設計支援ツールを開発しました。CNNの事 前学習、追加学習に加えて、SVMの学習では良品の画像のみで行うことができる「1クラスの教師無し学習」、良品と不良品の画 像を用いる「2クラスの教師有り学習」を選択できます。また、図2のサブダイアログにより複数のSVMとテンプレートマッチン グを組合わせた判別が可能になります。さらに、図3のサブダイアログではCNNの詳細設計と、入力画像に対する各層の特徴マッ プの活性化状況などを確認することができます。



図1 開発したDCNNとSVMのための設計支援ツール

訓練用画像データの収集時,撮影環境の違いによりサイズやフォーマットが異なる, 対象ワーク以外の無駄な領域が含まれる,背景などに必要ない特徴が含まれる等,学習 効率や認識精度に悪影響を及ぼす課題があります.図4のようにテンプレートマッチング を用いることでターゲットの領域を絞り込むことができ,画像処理や学習に関わる計算 機の負荷を軽減できるだけでなく,分類の精度も高めることができました.

図5にはこの設計ツールを用いて構成した「樹脂成型品に含まれる微小な欠陥」の検出 システムの例です。AlexNetを特徴抽出器として用いたナットの欠陥検出の例が紹介さ れていましたが特徴ベクトルの長さが4,096のようでしたので、ここでは実際の樹脂成 型品を想定した良品、クラック、バリ、突起、欠け、スポット、割れの7カテゴリの画像 で学習させたCNN (sssNet)を特徴抽出器として用い、その第11層が出力する32次元の 特徴ベクトルをSVMへの入力としました。誤認識率による比較評価では、AlexNetに比 べてsssNetを特徴抽出器として用いたシステムの方で優れた分類結果が得られました。

CNN&SVM設計ツールについては現在,企業との実用化研究も実施しています.欠陥 や異常の検査を目視のみで行っているなどの問題を抱えられている場合は、JPEG形式や BMP形式などの画像データを提供いただければ本提案システムを用いた識別実験を行え ますので永田までご相談ください.この他、周波数解析による異常診断のツールを開発 しており、工作機械や生産ラインで特定の周波数のピークが検知された場合、テキスト と画像でスマホに通知できる機能を持たせました.WEBカメラがあれば簡単に実装でき ますので、興味ある方はお問合せください.

D

D

Emai: nagata@rs.socu.ac.jp, http://nagata.rs.socu.ac.jp/









D

D

D

D

D

D

D

D

D

P





# 三次元多面体離散要素法による シミュレーションと可視化

坂牧聖太, H.-G.Matuttis, D.Krengel, Jian Chen, 電気通信大学情報理工学研究科機械知 能システム学専攻, 国立研究開発法人 海洋研究開発機構



#### 1 本研究室の以前の研究

本研究では三次元粉体についての研究を離散要素法 (Discrete Element Method) を用いて行っている。本研究室の以前の研究では Fortran90 を用いてシミュレーションを行っていた。しかし、可読性の欠如、グラフィックライブラリが古い等の理由から本研究から Matlab を用いて三次元粉体の研究を行うこととした。

#### 2 Matlab を用いる利点

Matlab を用いる利点として以下のような点があ げられる。

- デバックが容易
- グラフィックが良い
- 並列化が容易





上の図は OpenGL、下の図は Matlab を用いて作 成された図。三次元粉体シミュレーションにおい て、粒子の幾何形状の把握が重要なため、グラ フィックの質が良い Matlab の方が良い。





上の図は円形粒子、下の図は多角面粒子を容器 に詰め込んだ状態から容器を上に上げることに より開放し、その後の粒子の振る舞いを表した 図である。図の通り、円形粒子は山を形成しない が、多角面粒子は山を形成する。円形粒子は、高 い摩擦係数の場合でも転がりによって動いてし まう。粉体は形状によって現れる効果が異なる。

4 力の計算





上の図は、粒子と床、粒子と床の干渉部分、力の 向きを可視化したものである。

離散要素法では粒子を剛体として扱うため、粒 子の形状は衝突した際でも不変である。しかし、 実際の粒子は衝突した際に形状が変形し力が発 生するため、その変形は無視できない。そこで、 衝突時の力を重なり部分から計算する。[1]

$$||f_e|| = \frac{YV}{L_c}, ||f_d|| = \gamma \sqrt{\frac{YM_{red}}{L_c^3}} \cdot \frac{\delta V}{\delta t}$$

ここで、 $f_e$  は弾性力、 $f_d$  は散逸力、Y はヤング 率、 $\gamma$  は減衰定数を表している。また、 $L_c$  は特 徴長さ、 $M_{red}$  は換算質量を表し、以下の式で表 すことができる。

$$L_c = \frac{4r_1r_2}{r_1 + r_2}, M_{red} = \frac{m_1m_2}{m_1 + m_2}$$





系の中に粒子が N 個存在すると仮定する。このと きある粒子に着目すると、それ以外の N-1 個の 粒子との相互作用が発生する可能性がある。その ため、起こり得る相互作用は N(N-1)/2 通り存 在し、それらを全て確認する必要がある。しかし、 粒子数が増えたときに計算時間が膨大になってし まう。この計算時間はシミュレーション全体の計 算時間の大きな割合を占める。そのようなことが 起こらないために、図のように bounding box を 作成し、計算をする前にあらかじめ接触が起こら ないと予測可能な粒子ペアを除外することで計算 時間の短縮を図った。[2]

#### 6 常微分方程式の数値解法

動を記述する際に運動方程式を用いる。運動方 程式は常微分方程式なため、数値解法に適した ものを選ぶ必要がある。本研究ではその数値解 法に BDF(backward differentiation formula) を 用いている。この手法は硬い微分方程式の数値計 算をする際に用いられる方法であるため、適して いると言える。また、常微分方程式の初期値問題 を解決する方法として、Gear-predictor-corrector 法を用いて研究を行なってきた。しかし、本研究 で保証されている精度が出ていないことが判明し た。これは現在用いている手法が自己スタート不 可能な手法であるからだと考えられる。今後の研 究では ode15s(硬い微分方程式及び微分代数方程 式の求解)という Matlab の関数を用いようと考 えている。この関数は、初期設定で NDF(数値微 分式)という数値解法を用いている。これを現在 用いている BDF と置き換えることで問題の解決 を試みる。

#### **7** 並列化

ループ処理をする際、計算時間は膨大になる。本 研究で用いているシミュレーションは特に力の計 算における処理に時間がかかる。そこで、並列 for ループ (parfor) を利用して並列化をすることによ り、計算時間の高速化を図る。





上の図は、鏡の上に粉体の山を作成した画像であ る。これより、表面の粗さは摩擦に関係しないこ とがわかる。[3]

#### 8 References

- Jian Chen. Discrete Element Method for Non-spherical Particles in Three Dimensions. PhD thesis.
- [2] 名和 賢樹. 複合多角形粒子を用いた離散要素 法のシミュレーション結果. 修士論文.
- [3] Dominik Krengel and Hans-Georg Matuttis. Implementation of static friction for many-body problems in two dimensions. *Journal of the Physical Society of Japan*, 87(12):124402, 2018.



# Visualizing an FEM-Flow-Simulation for Optimal Choice of Basis Functions

Jan Mueller and Hans-Georg Matuttis, Department of Mechanical Engineering and Intelligent systems, The University of Electro-Communications

### 1 DEM and FEM in MATLAB

Two dimensional MATLAB simulation code [1]:

- Polygonal particles (granular medium) modelled with Discrete Element Method (DEM)
- Newtonian fluid (isothermal, incompressible) modelled with Finite Element Method (FEM)
- $\Rightarrow \mbox{ Combination allows realistic representation of microscopic fluid solid interactions}$



Currently Taylor-Hood Element for FEM [2]



- $\rightarrow\,$  Basis functions are second order plynomials for velocities, first order polynomials for pressure)
- $\rightarrow~$  Linear combination of basis functions = element function (FEM-solution for single element)

FEM and DEM use second order Gear-Predictor-Corrector (BDF2) for time integration

FEM uses Newton-Raphson iteration to solve flow field within a timestep

#### 2 Limitations of FEM

High particle densities result in tiny pore space  $\rightarrow$  needs to be discretized for the FEM

Increasing flow rate in pore space  $\rightarrow$  curvature in flow cannot be sufficiently approximated by second order function anymore



- 1. Solution: Increased mesh resolution  $\rightarrow$  much higher computational cost
- 2. Solution: Allowing higher (third) order curvature for FEM-polynomials
- $\rightarrow$  For verification, look at current FEM-solution for elements and whole geometry is necessary

#### 3 Creating the Sub-Mesh

Two dimensional element functions best displayed with MATLAB's trisurf command (because of triangular finite elements)

- trisurf requires set of coordinates and corresponding function values
- Raw FEM solution data provides only 6 values on the element circumference

 Higher order functions (velocity is second order) require sub-mesh for every finite element to display curvature with decent quality
 For arbitrary sub mesh resloution res, elements can be subdivided with MATLAB's linspace

 $X1 = \frac{x_3 - x_1}{x_1 - x_2}$   $Xr = \frac{x_3 - x_2}{x_1 - x_2}$ 

Xr res-1 res-1  $y_3 - y_2$  $y_3 - y_1$ Yl = Yr res-1 res-1 s = 0 for i = 1:res X(s+1:s+(res-(i-1))) = linspace...  $(x_1+X1*(i-1), x_2+Xr*(i-1), res-(i-1))$ Y(s+1:s+(res-(i-1))) = linspace... (y1+Yl\*(i-1),y2+Yr\*(i-1),res-(i-1)) = s+(res-(i-1)) s end

- trisurf also requires Delaunay triangulation between points
- Limited numerical accuracy  $\rightarrow$  points not arranged on perfectly straight lines  $\rightarrow$  degenerate Delaunay triangles at element edges
- → Equilateral "dummy" triangle with slightly convex outline: linspace limits are extended by ± 0.2\*sin(i\*pi/res) respectively
- Delaunay triangulation of "dummy" triangle then mapped to actual finite element

#### 4 Visualizing Basis Functions

- FEM-solution data of a specific mesh node is the multiplicator for the basis function corresponding to that node (basis function is nonzero at that node)
- First order basis functions correspond to barycentric coordinate functions of the triangle [1],  $\rightarrow$  also form the Lagrange basis [3] for the triangle's corner points in two dimensional space
- Coefficients for those Lagrange polynomials can be easily acquired with use of MATLAB's "\" operator [4]

F4 4 47

polyCoeff = Ls tr	= $[s triangle] \setminus eye(3)$					
$\begin{bmatrix} A_0 & B_0 & C_0 \\ A_x & B_x & C_x \\ A_y & B_y & C_y \end{bmatrix} = \begin{bmatrix} 1 & a \\ 1 & a \\ 1 & a \end{bmatrix}$	$ \begin{bmatrix} x_1 & y_1 \\ x_2 & y_2 \\ x_3 & y_3 \end{bmatrix} \setminus \begin{bmatrix} 1 & 0 & 0 \\ 0 & 1 & 0 \\ 0 & 0 & 1 \end{bmatrix} $					

Use anonymous functions to represent the three first order (pressure) basis functions with the above coefficients

LagA =	@(x,y)	$A_0 + A_x * x + A_y * y;$
LagB =	@(x,y)	$B_0 + B_x * x + B_y * y;$
LagC =	@(x,y)	$C_0$ + $C_x$ *x+ $C_y$ *y;

 All six second order (velocity) FEM-basis Functions are products of the first order basis functions (remaining four are permutations of the ones shown)

Lag2A = @(x,y) 2\*(LagA(x,y)).^2-LagA(x,y) Lag2D = @(x,y) 4\*LagB(x,y).\*LagC(x,y)

- For a single element, each basis function is multiplied with the FEM-solution data of it's corresponding mesh point and all are summed up to give the complete element function
- The element function is then handed the coordinate vectors of the sub-mesh X, Y to provide the function values via an implicit loop
- Element function can then be plotted via trisurf
- Loop over sub-mesh generation and building of the element function allows for display of multiple elements (even whole geometry)



- FEM-solution for pressure p, horizontal u and vertical velocity v  $\rightarrow$  when particles get closer, first creases appear in the solution function



- Severe creases and spikes within the FEMsolution of the flow field (here shown for horizontal velocity *u*), when particles get very close at higher velocities



- Flow field should remain smooth, similar to solutions for lower speeds
- Finer mesh resolution improves solution quality for same state
- → However: same issues arise again, when particle density or velocity increase further
- Solution quality not affected by particle rotation (locking/unlocking rotatoional degee of freedom)

#### 6 Outlook

- Enhancing Taylor-Hood Elements with cubic "Bubble"  $(\mathsf{P}_2^+\mathsf{P}_1)$  will allow them to better fit curvature of flow field
- FEM-solution of the flow field should remain smooth for higher particle densities and velocities
- Visualization already works for finite elements of up to third order (can be implemented for arbitrary orders)

#### 7 References

- Shi Han Ng. Two-Phase Dynamics of Granular Particles in a Newtonian Fluid. PhD thesis, The University of Electro-Communications, Department of Mechanical Engineering and Intelligent Systems, 2015.
- [2] Philip M. Gresho and Robert L. Sani. Incompressible Flow and the Finite Element Method Volume 2: Isothermal Laminar Flow. John Wiley and Sons, Ltd., 2000.
- [3] Ionut Danaila, Pascal Joly, Sidi Mahmoud Kaber, and Marie Postel. An Introduction to Scientific Computing Twelve Computational Projects Solved with MATLAB. Springer, 2007.
- [4] G. J. Borse. *Numerical Methods with MAT-LAB*. PWS Publishing Company, 1997.



# MRI動画像を用いたクローン病活動評価のための解析ツール開発

発表者: 株式会社システムラボラトリ 小澤 泰生 (ozawa@algo-dev.com) (共同研究委託元: 東京医科歯科大学 医学部付属病院 放射線診断科 北詰 良雄先生)

結果表示

#### 概要

MRでクローン病の活動性評価を行う際、高速撮影法を連続撮影することで得られる動画(cine MRI)を用いて評価できることが最近報告されたが、処理が複雑で結果を得るのが困難であった。

今回、cine MRI動画に、オプティカルフロー・アルゴリズムを適用し、 診断で有用なmotility mapを簡易に生成するツールをMATLABを用いて開 発した。

#### 解析ツール

#### Motility mapping

クローン病活動評価には、motility mapを作成する。これはcine MRI画 像に対して前処理を行った後、Horn-Schunck の方法を用いてオプティカ ルフローを求め、その大きさを用いてmapを作成するものである。

#### 作成ツール

<mark>設定画面</mark> フォルダ設定

解析設定

出力画像設定

解析前の設定チェック 解析・出力開始

関心領域 (ROI) の設定

Clear ROI Finish

スライスごとに、ROIを設定できる。 ROIが設定されているスライスに関して、 オプティカルフローの計算を行う。

Motility map作成ツールは、cine MRのDICOM形式の画像を入力として、 各相のmotility mapの計算と、すべての相での平均値、最大値、分散を求 めて、表示することができる。

また、計算したmotility mapと、平均値、最大値、分散の結果データを、 DICOM形式、およびPNG形式で保存することができる。

設定画面

#### 必要なMATLABとToolbox

MATLAB R2017b以降 Image Processing Toolbox



結果の表示

Motilityを元絵にブレンドした画像(各入力画像ごとに生成)



#### Motilityの値をチェックする ための3D画像



輝度勾配の大きさと方向を チェックするための画像



デモ

説明員によるデモや解説を行っているので、ご覧ください。

#### References

----

002 URAD (0) 240 (0) 21 24021 2400 XX16 XX16

(14) 4880 870 818 74-7 518 1078 9078 9074 101

- 1. Hahnemann M, Nensa F, Kinner S, Gerken G, Lauenstein T, Motility mapping as evaluation tool for bowel motility: Initial results on the development of an automated color-coding algorithm in cine MRI, J Magn Reson Imaging. 2015;41;354-360.
- Odille F, Menys A, Ahmed A, Punwani S, Taylor SA, Atkinson D. Quantitative assessment of small bowel motility by nonrigid registration of dynamic MR images. Magn Reson Med. 2012;68:783–793.
   Use JM, Shenda RD, Data Magna A, Steletar J, 1901, 195, 202.
- 3. Horn BK, Shunk BG. Determining optical flow. Artif Intell. 1981; 185-203.

#### 本発表に関する問い合わせ先

株式会社システムラボラトリ 小澤 泰生 (<u>ozawa@algo-dev.com</u>)

住所:横浜市中区尾上町5–80 中小企業センタービル7階インキュベートオフィス Web: <u>https://www.algo-dev.com/</u> (アルゴリズム開発センター)



# 品質工学のCAEへの応用

# 橋口真宜1米大海1

<sup>1</sup> 計測エンジニアリングシステム株式会社,東京都千代田区内神田1-9-5 SF内神田ビル

#### 要旨

•本発表では、タグチメソッドを使って、諸因子の影響を考慮したCAEの利用を検討した結果を報告する。

•CAEは偏微分方程式の初期値・境界値問題とし、その数値計算、外部制御、計算データ採取、結果処理をCOMSOL MultiphysicsとMATLABを接続することで自動 化し、検討時間の短縮などに効果があった。L18直交表を利用した。制御因子A~Hで、Aを2水準、B~Hを3水準として望特性を算出した。多元配置法(すべての組み 合わせ)で実施すると4374通りの計算が必要なところを18通りに低減でき、18通りの数値実験をMATLABで自動化できた。

# 背景と目的

CAE (Computer Aided Engineering)は各種の数値解析 手法の発展によって、研究開発および設計に積極的に利用 されるようになってきた。開発や設計へのCAEの適用はある 利用環境に制限されて内容の検討が行われているのが一 般的である。

一方で、実験をベースに研究開発や設計がなされる場合 には、利用環境下でのノイズの影響が強く意識された検討 が行われており、品質工学におけるタグチメソッドの適用が 大きな成果を上げている。

本研究は、CAEへのタグチメソッドの応用を検討している。 今回は、CAEの制御と処理の自動化の実現に注力した。

# 方法

CAEとしては偏微分方程式の初期値・境界値問題を設定 し、その有限要素解をCOMSOL Multiphysics®で求め、望 特性を計測する。

LiveLink for MATLAB®でCOMSOL とMATLAB®のダイナ ミックな双方向リンクを実現し、タグチメソッドの実装、および COMSOLへのパラメタ転送とスタディ制御を実現した。



% open comsol\_mph\_file model=mphopen('chicken'); ♪

MATLABからCOMSOL Multiphysicsをオープン

model.param.set('fA',Dmat(i,1)); MATLABからCOMSOLへのデータ送信 model.param.set('fB',Dmat(i,2)); model.param.set('fC',Dmat(i,3)); model.param.set('fD',Dmat(i,4));

model.study('stdl').run; MATLABからCOMSOLのスタディ制御 火(i,j)=mphglobal(model,'kekka','solnum',2); MATLABへのデータ取得

# 適用例

### 水分を含むチキンパテの加熱問題



望特性 水分量の保持 閾値75度を超える加熱域 (殺菌性の観点から) 仮想状況:パテを供給する 側の望特性を、使用状況 に左右されない形で提供

する条件を見出したい。





初期条件

 $T_0 = 22 \,^{\circ}\text{C}$ 

#### L18直交表の利用



#### SN比の処理例



MATLABによる 計算処理と図化 の例

### 参考文献

(1) https://www.comsol.jp/products/

(2) 田口伸「タグチメソッド入門」日本規格協会 2018.

#### MATLAB EXPO 2019 JAPAN 2019年5月28日 グランドニッコー東京台場