



都市丸ごとのシミュレーション技術 三次元FEMモデルの自動構築

東洋建設株式会社 伊藤 輝

1

東洋建設株式会社鳴尾研究所地盤防災研究室 伊藤



背景

- 広い範囲で地震応答解析などを実施する場合、FEM解析ソフトに入力するデータを作成するためのデータ群(ボーリングや各土質試験データ)は膨大となる。
- ボーリングデータを例にとっても、その形式はXML(ボーリング交換用データ)、PDF、CSVなどのデジタルデータからアナログデータまでさまざまである。
- 様々なデータを解析モデルに合わせて手動で変換・統合する作業は困難である。

都市丸ごとのシミュレーション技術研究組合

- DPP(Deta Processing Platform. 理化学研究所)
 - データ変換を自動化することによってデータ形式を抽象化する手法及び言語。
- Ground::GridModel(神戸大学)
 - DPPライブラリとして実装された、ボーリングデータを読み込んで地盤モデルやパラメータを生成・補間するプログラム。
- GG2FEM(Ground::GridModel to FEM Model. 東洋建設)
 - 3次元上に点群データとして出力されるGridModelに対して、節点や境界条件を自動設定しFEM解析ソフトの入力ファイルを生成するDPPライブラリ。

2

東洋建設株式会社鳴尾研究所地盤防災研究室 伊藤

- 目的: 書式や様式が異なる多様な都市データ(建築・インフラ構造物・都市利用データ)を自動リンクさせ、都市を丸ごとモデル化する技術や災害リスクを包含する多様なシミュレーション技術の利活用とその社会実装を目指すこと。

理化学研究所開発のDPPを基幹技術として様々なデータを用いた様々なシナリオのシミュレーションプログラムを利用した革新的な防災、減災技術を確立する。
→建設業界の科学技術イノベーションと民間企業への技術実装。

神戸大学(代表理事:飯塚先生), 理研R-CCS, JAMSTEC等
民間企業としてはゼネコン・コンサルのほか銀行・保険会社が参画。

昨年度はDPP活用サブチームやメタデータマイカサブチーム等が活動し, DPP活用サブでは主に地盤分野に関するプログラム開発を行った。(本発表は主に昨年度部分)

今年度は, 地盤タスクチーム(主査:神戸大学)のほか, 港湾(東洋建設 伊藤), 埋設管(東京大学), 河川(東京大学, 京都大学), RC橋梁(東京大学)などそのほかの分野に対象を広げ, 各チームメンバーへの技術継承やプログラム開発を行っている。

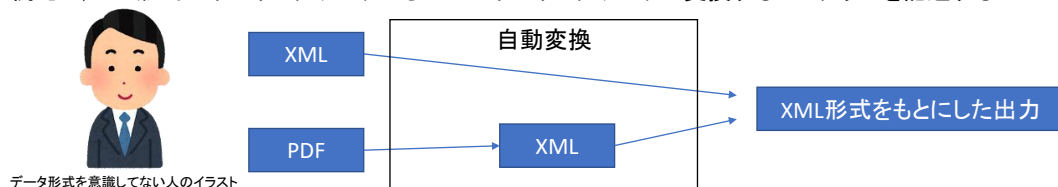
参画にご興味のある方は, 神戸大学飯塚先生(直接または伊藤経由)まで

DPP(Data Processing Platform) データ処理プラットフォーム

- データ変換を自動化することにより, **データ形式を抽象化する手法**及び**言語**

データ形式の抽象化

- 例えば, PDF形式のボーリングデータからXMLのボーリングデータに変換するプログラムを記述すると...



- どっちのデータを入力しても同じ結果が得られる
→十分な変換経路(自動変換ネットワーク)を用意すれば, 利用者はボーリングデータの形式を**意識することなく**プログラムを利用することができる。

DPPは, この自動変換ネットワークの構築が簡単にできるよう整備されており, 開発者はデータ形式のやり取りをプログラムの**ライブラリ**として開発するだけでよい。

ライブラリとして実装されるため, 利用者は必要なライブラリを取捨選択して目的の変換を利用することができる。

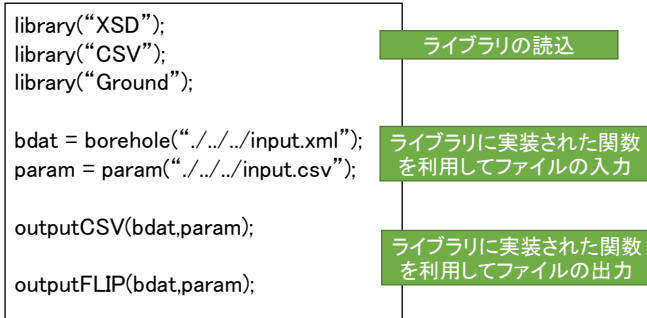


DPP(Data Processing Platform) データ処理プラットフォーム

DPPは言語である

利用者は、DPPを(pythonのような)スクリプト言語として利用することができる。

スクリプト例



利用者はスクリプトを記述できる程度の知識があればプログラムを利用可能である。

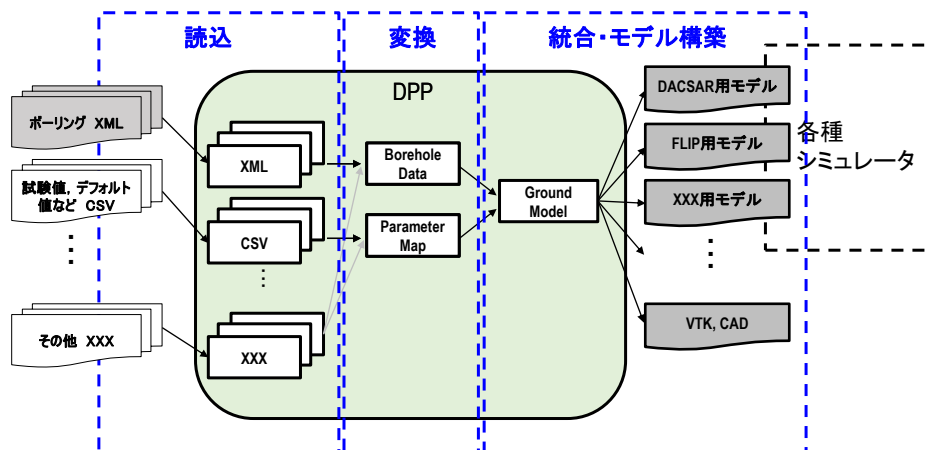
5

東洋建設株式会社鳴尾研究所地盤防災研究室 伊藤



Ground::GridModel

- 都市丸ごとのシミュレーション技術研究組合 DPP活用サブチーム(昨年度)で神戸大学 竹山先生が主となって開発したDPPライブラリ。
- ボーリングデータ(XML)、試験値やデフォルトパラメータ等の設定ファイル(CSV形式)を読み込み、それらのデータを組み合わせて地盤のグリッドモデルを作ることができる。



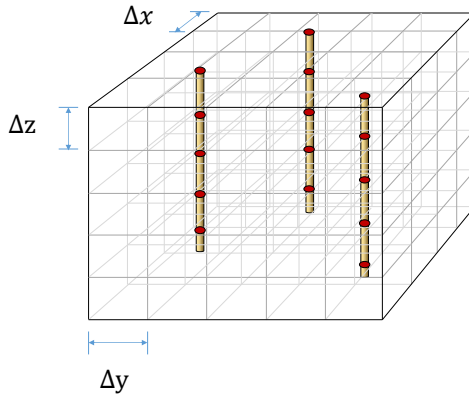
6

東洋建設株式会社鳴尾研究所地盤防災研究室 伊藤



Ground::GridModel

- グリッドモデルの各格子点は、N値や内部摩擦角など地盤のパラメータを持つことができる。
- ボーリングデータからグリッドモデルを作成する際、各格子点にボーリングデータから得られるパラメータが補間される。



そのほか、N値から計算できる基本的な地盤パラメータは自動で計算・設定され、パラメータマップを利用することでN値、土質区分を指定して各パラメータを入力することができる。

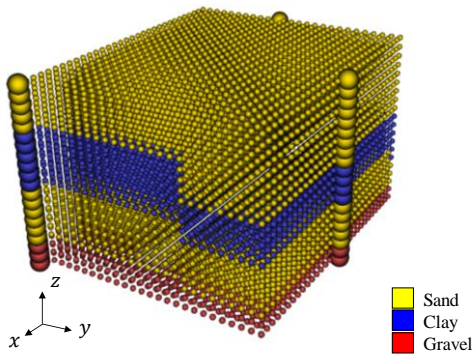
N値0以上10以下の砂地盤のパラメータは * * ... など

7

東洋建設株式会社鳴尾研究所地盤防災研究室 伊藤



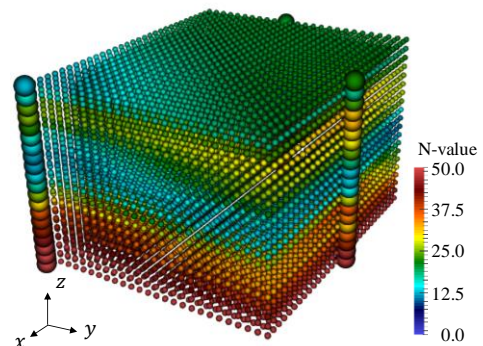
Ground::GridModel



ボーリングデータからN値を逆距離荷重法によって補完

3本の仮想的なボーリングデータから作成されたグリッドモデル(1mピッチ)

土質分類は、水平平面内で最も近いボーリングデータの点の分類と一致させている。



8

東洋建設株式会社鳴尾研究所地盤防災研究室 伊藤

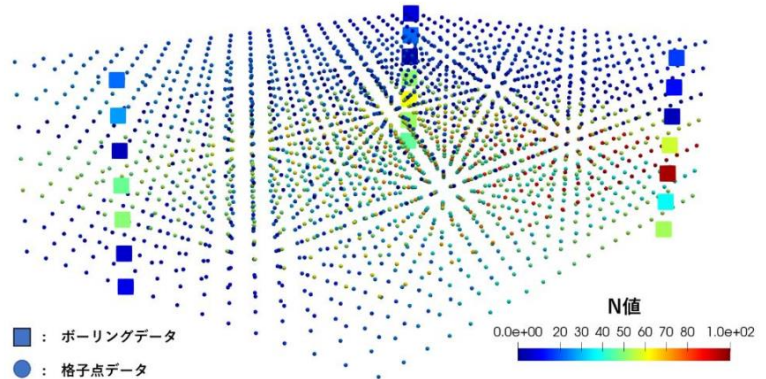


GG2FEM(GridModel to FEM Model)

- 都市丸ごとのシミュレーション技術研究組合 DPP活用サブチーム(昨年度)で東洋建設 伊藤が主となって開発したDPPライブラリ。
- Ground::GridModelに節点や境界条件を設定し、3次元FEM解析ソフトの入力データとして出力する。

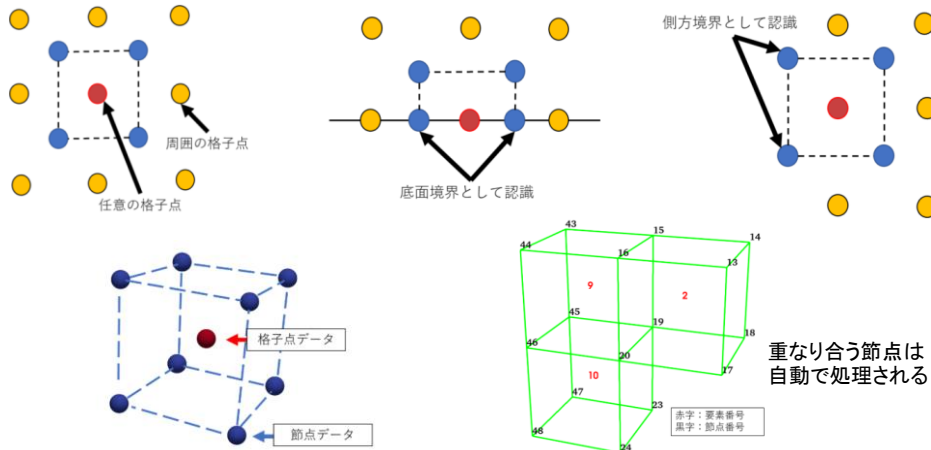
下表のボーリングデータから作成した
GridModel(格子点間隔1m)

ボーリング ID	B4KJ201801006-5110
	B4KJ201801006-5109
	B4KJ201801006-5108
調査名	阪神高速道路地質資料1 O 芦屋・西宮編
調査年月	1969年3月
発注機関	国土交通省 近畿地方整備局 浪速国道事務所
バージョン	DTD_version 2.10



GG2FEM(GridModel to FEM Model)

- 各格子点に対して周囲の格子点の配置から境界条件を判定したり、節点の位置を調整するシンプルなアルゴリズム。
- 1格子点=1要素となる。





GG2FEM(GridModel to FEM Model)

- 要素・節点・境界条件や、FEM解析ソフトFLIPIに対応した入力データ出力機能を実装した。
- 1格子点=1要素につき地盤物性パラメータも1つ出力される。

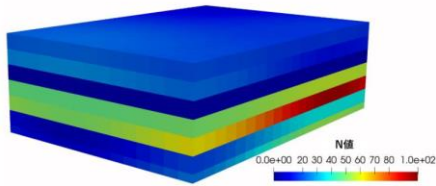
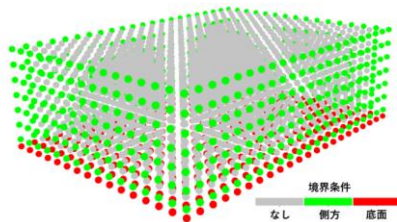


図-5 三次元メッシュ



```

1 FEAP
2
3 MATE IES
4 # MA IES
5 1 9 test
6 # SIGMO GO PMG RK0 PMK POI AA BB
7 1.0 1214.2 0.5 3135.1 0.5 0.33 0.010 0.000
8 # RHO PN WKF WIDTH L JOIN LRIAABB FAABB IUST KILL
9 1.6 0.5 2.2E+06 0.0 2 0 1 0 0.0 0 0
10 # HMAX IS12 ITAU TAUJ DTAU NEXT IRYL ALPHAE BETAENSPRAIGKSW
11 0.24 0 8 0.01 3.160 0 0 0.0 0.0 6 0
12 # COH PHIF PHIP S1 M1 P1 P2 C1
13 0.0 35.4 28.0 0.005 13.7 0.5 1.2 1.6
14 # MA IES
15 2 9 test
16 # SIGMO GO PMG RK0 PMK POI AA BB
17 1.0 1926.2 0.5 4973.3 0.5 0.33 0.010 0.000
18 # RHO PN WKF WIDTH L JOIN LRIAABB FAABB IUST KILL
19 1.6 0.5 2.2E+06 0.0 2 0 1 0 0.0 0 0
20 # HMAX IS12 ITAU TAUJ DTAU NEXT IRYL ALPHAE BETAENSPRAIGKSW
21 0.24 0 8 0.01 3.160 0 0 0.0 0.0 6 0
22 # COH PHIF PHIP S1 M1 P1 P2 C1
23 0.0 39.8 28.0 0.005 324.4 0.5 1.2 1.6
24 # MA IES
25 3 9 test
26 # SIGMO GO PMG RK0 PMK POI AA BB
27 1.0 1465.0 0.5 3782.4 0.5 0.33 0.010 0.000
28 # RHO PN WKF WIDTH L JOIN LRIAABB FAABB IUST KILL
29 1.6 0.5 2.2E+06 0.0 2 0 1 0 0.0 0 0
30 # HMAX IS12 ITAU TAUJ DTAU NEXT IRYL ALPHAE BETAENSPRAIGKSW
31 0.24 0 8 0.01 3.160 0 0 0.0 0.0 6 0
32 # COH PHIF PHIP S1 M1 P1 P2 C1
33 0.0 36.3 28.0 0.005 38.5 0.5 1.2 1.6
  
```

11

東洋建設株式会社鳴尾研究所地盤防災研究室 伊藤



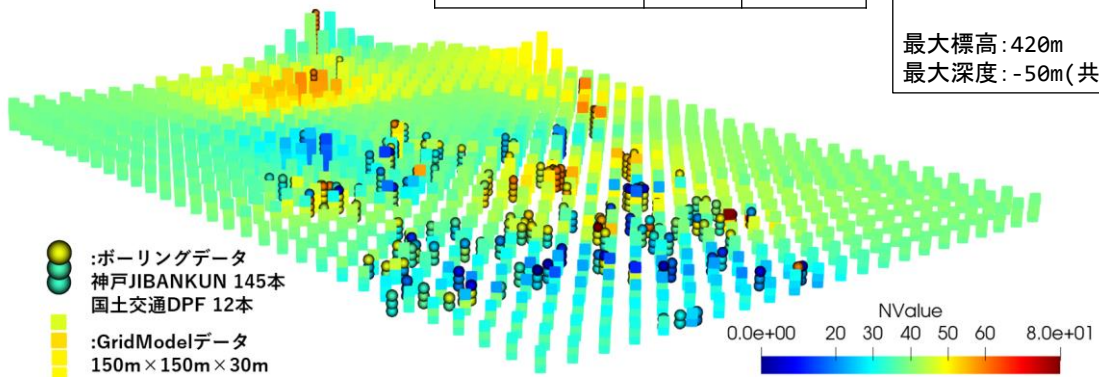
広域の三次元有限要素モデルの構築とFEM解析プログラムへの適用

- 神戸JIBANKUN及び国土交通DPFから神戸市灘区居住地域のボーリングデータをダウンロードし、GridModelを構築した。

プラットフォーム	本数	年代
神戸JIBANKUN	145	1978~2015
国土交通DPF	12	1969~1999

東西:3,400m
南北:4,700m
面積:16km²(灘区面積
32km²の半分)

最大標高:420m
最大深度:-50m(共通)



● :ボーリングデータ
神戸JIBANKUN 145本
国土交通DPF 12本
■ :GridModelデータ
150m×150m×30m

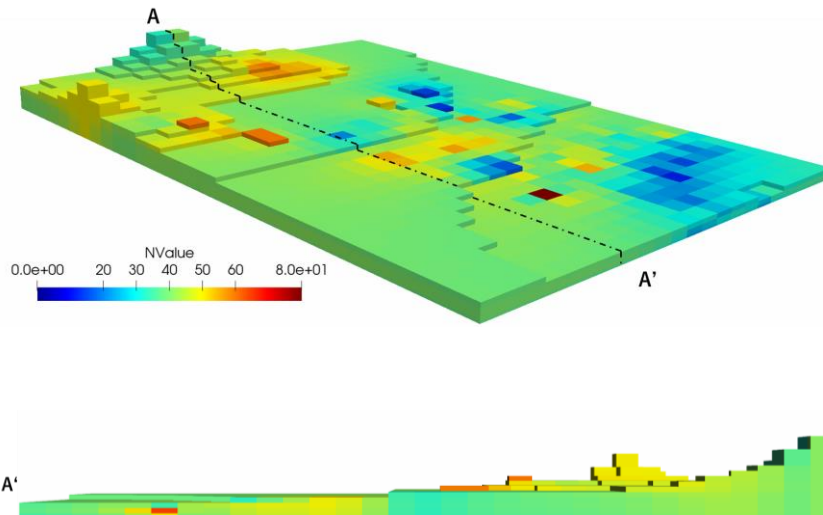
12

東洋建設株式会社鳴尾研究所地盤防災研究室 伊藤



広域の三次元有限要素モデルの構築とFEM解析プログラムへの適用

・FEMモデル



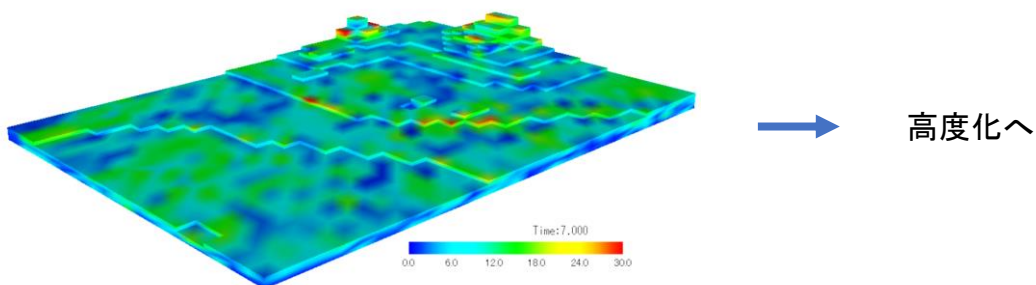
13

東洋建設株式会社鳴尾研究所地盤防災研究室 伊藤



広域の三次元有限要素モデルの構築とFEM解析プログラムへの適用

・ボーリングデータを用意し、読込→GridModel→FEMモデル作成→FEM解析を自動で実行。



- ・今回のモデルは、100m×100m×25mとかなり大きな要素なうえ、地盤物性は線形平面モデルを利用した。
→ボーリングデータを読み込んでFLIP実行までの行程が構築できたため、今後はこれを高度化していく必要がある。
- 現状XMLボーリングデータしか読み込めないが、数値点群データやそのほか形式のボーリングデータを読み込むことで精度の高いモデルを構築するため今後も活動していく。

14

東洋建設株式会社鳴尾研究所地盤防災研究室 伊藤