

帰朝報告

広島大学工学部第四類建設構造工学
藤井 大地

1998年3月25日より,1999年3月26日まで,アメリカ合衆国ミシガン州にあるミシガン大学工学部の菊池昇教授のもので,客員研究員(Visiting scholar)として一年間滞在する機会を得ましたので,以下,その概要を報告します。

1. ミシガン大学をとりまく環境

ミシガン大学(University of Michigan)は,デトロイトから車で約一時間(デトロイト国際空港から約30分)のAnn Arborというところにあります。Ann Arborは,アメリカでも非常に治安の良いところで,地元の人に聞くと,アメリカ人が最も住みたい町の一つだそうです。市の人口は約10万人で,大学を中心とした町ということで,成り立ちや規模は東広島市と似通った部分があります。ミシガン大学は,この町の中心部にあるセントラルキャンパスと少し北にあるノースキャンパスに分かれています。セントラルキャンパスの方は,Ann Arborの町と完全に一体になっており,市民も自由に大学の中を行き来できます(写真1,2)。キャンパス内には,美術館が2つ,博物館が1つあって,これは大学の施設ですが,市民も無料で入ることができます。特に博物館の方は,恐竜の化石の展示などが非常によく整理されており,子供たちに人気の場所となっています。そして,大きな音楽ホールも大学内にあり,世界的な音楽家がコンサートなどを行っています。これらの施設は,大学の施設ですが,市の方も資金を援助しており,市と大学の共有の財産として,上手に運営されているようです。また,ミシガン大学はスポーツも非常に盛んで,フットボールは,一昨年の全米チャンピオンで,また,アイスホッケーも同じ年に全米一になっています。フットボールのスタジアムも非常に大きなものがあり,フットボールの観戦も市民の娯楽の一つになっています。私の印象では,Ann Arborは大学と街との調和がよくとれた非常に住みやすいところでした。

2. キャンパス内の環境

先にも書きましたように,ミシガン大学は,セントラルキャンパスとノースキャンパスに分かれていて,工学部はノースキャンパスの方にあります。セントラルキャンパスは歴史が古く歴史的な建物が沢山ありますが,ノースキャンパスの方は最近建てられたようで,まだ建物は新しく非常に綺麗でした(写真3,4,5)。ノースキャンパスには,広大と同じように,森が各所に残されていて,そこには,リス,鹿,ウサギ,アライグマ,小鳥など,沢山の動物が住んでいます(写真6)。聞くとところによると,これらの森の木々は原生のものではなく,すべて植え替えられたものだそうです。ミシガン大学では,キャンパス内の環境整備には,非常に力を入れていて,年に何回も花を植え替えたりしているようです。また,大学には,200年計画というものがあり,その計画にもとづいて,大学の施設を増やしたり,環境の整備を行ったりしているようです。

キャンパス内には,各所に駐車場がありますが,すべて有料で,建物に近い駐車場ほど高い料金となっています。一番近い駐車場では年間\$400,少し離れた駐車場は年間\$200くらいで,職員のみがそれを購入できます。学生の駐車場は少し遠くにあり,これも確か年間\$125くらいは払わなければならなかったと思います。来客用には,コインを入れる駐車場が数カ所ありますが,教官のところにアポイントをとって訪問する場合は,事務室に行けば駐車許可証を発行してくれます。しかし,それも無料ではなく,訪問される側の教官が支払うことになっているようです。大学内には,大学が雇っている警察が常に巡回しており,駐車違反の車にはすぐに切符を切られます。罰金は\$20で,私も一寸停車している間に,しっかり切符を切られてしまいました。この罰金は市の方に支払うようになっています。したがって,キャンパス内の駐車違反はほとんど見られません。

ノースキャンパスのすぐ近くに,学生や教官の住居である,ファミリーハウジングがあります(写真7)。これは木造の2階建の集合住宅で,私たちが住んでいたところは,子供のいる家族のみが入れるところでした(家賃月\$900弱)。いくつかの住宅に囲まれた形で小さな公園が設けられており,子供が遊ぶ姿を各家庭の台所から見られるようになっています(写真8)。アメリカでは子供を外で遊ばせることのできる住居は少

ないようですが、ここではそれが可能だったので非常に助かりました。ただし、これは、キャンパス内を大学の私設警察が常に巡回しているということで可能になったことです。

3. 学科内および研究室

私がミシガン大学で所属した学科は、Mechanical Engineering and Applied Mechanics で、日本では機械学科に相当すると思われます。ミシガン州には自動車関係の会社が多いこともあって、機械学科は大学内でも非常に勢力をもっていました。研究室は、CML (Computational Mechanics Laboratory: 計算力学研究室) と呼ばれ、教授と助教授 (Associate Professor) の先生がおられましたが、研究内容は分かれていました。私を受け入れて下さったのは、菊池昇という教授で、東京工業大学から、テキサス大学の Oden 教授 (数値解析の分野では著名) のところに行かれ、そこで PhD をとられてミシガン大学に来られたそうです。年齢は 50 前で、まだ非常に若い先生でした。ミシガン大学では、36 歳で教授に昇進され、有限要素法の誤差理論や Adaptive 法などで業績を上げられましたが、特に 1988 年に Bendsøe 教授と書かれた均質化法を用いたトポロジー最適化という論文が世界的に認められ (図 1 参照)、連続体構造物の最適化デザインに関する研究では第一人者となられました。

研究室には、7 人の PhD 候補の学生と私のような客員研究員が 2 人いました。PHD 候補者はすべてリサーチアソシエイト (RA) で、年間約 500 万円の給料を教授の予算からもらっています。したがって、教授は、年間 3500 万円以上の研究費を調達するわけで、これらは、企業や政府機関にプロジェクトを申請することで得ているとのことでした。したがって、各学生はそれぞれのプロジェクトにからんだ研究を行っており、皆コンピュータにかじりついていました。また、教授の方も、3 年ないし、4 年で 1,500 万円から 2,000 万円の投資を行うわけですから、学生の採用にも非常に注意を払うようです。したがって、私の見る限り、非常に優秀な学生ばかりで、研究室自体、研究所の様相を呈していました。

また、学科内で印象深かったのは、学科内の教授同士が連名で論文を書いたり、お互いの学生の指導を任せあったりして、学科内の交流が非常に親密だったということです。菊池教授の話だと、お互いに足りない部分をフォローしあっているということでした。

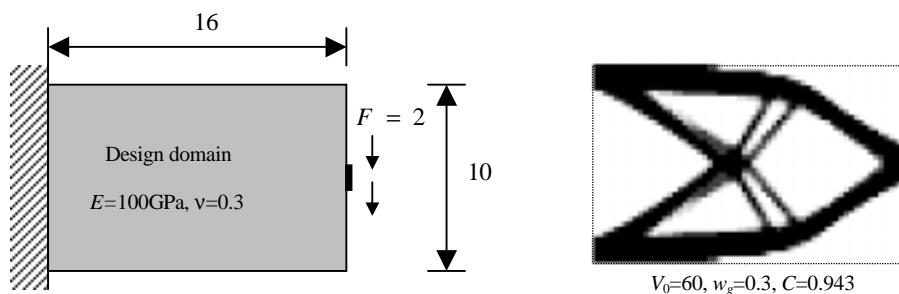


図 1 均質化法を利用したトポロジー解析

4. 研究内容について

私が、昨年 3 月末にミシガンに到着していた時には、Winter セメスターの後半でしたので、早速、菊池教授の講義を聴講して、均質化法を用いたトポロジー解析法について学びました。そして、すぐに 2 次元問題に関してプログラムを作成しました (図 1)。このプログラムがほぼできた時点で、シェル構造の曲面形状と面内トポロジーの同時最適化というテーマを与えられ、このプログラムを作成し、成果を論文にまとめました (図 2, 資料 1)。この研究の過程で、綺麗なトポロジーを求めることは容易でないことがわかり、最適化の数値的不安定を解決する方法について新しい提案を行いました (図 3, 資料 2)。秋からは、研究室の学生と共に、複合材料のマイクロストラクチャーの最適設計というテーマを与えられ、これに関してもプログラム開発を行い、構造物の荷重条件や境界条件を考慮して 3 種類の材料をレイアウトする方法を新たに提案しました (図 4, 論文を International Journal for Numerical Methods in Engineering に投稿)。この春からは、コンプライアントメカニズムという、ある点に荷重を与えた場合に、ある点の変位を最大化するようなメカニズムを解析的に求める研究を行い、これに関するプログラムの開発を行いました (図 5)。

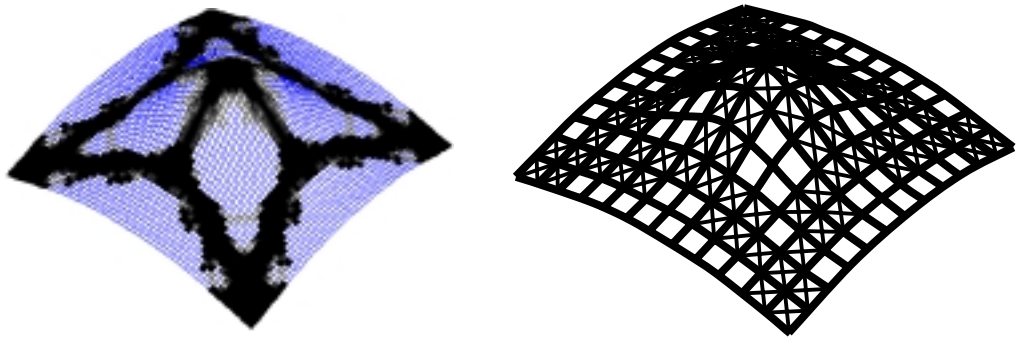


図2 空間格子シェルのトポロジー解析とブレース配置

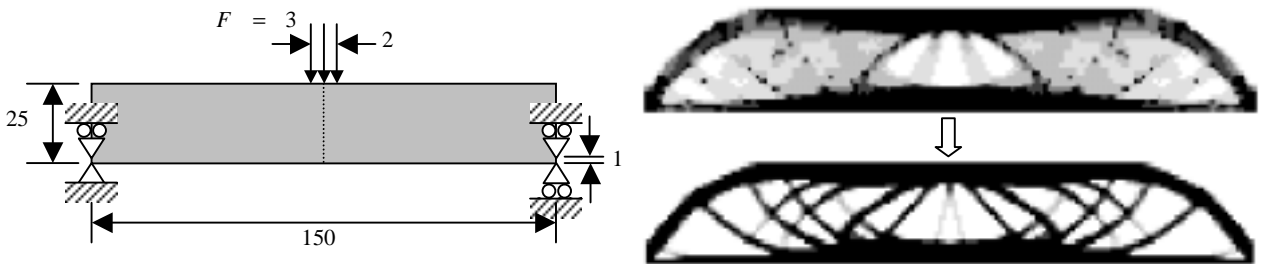


図3 MBB はりのトポロジー解析とフィルタリング

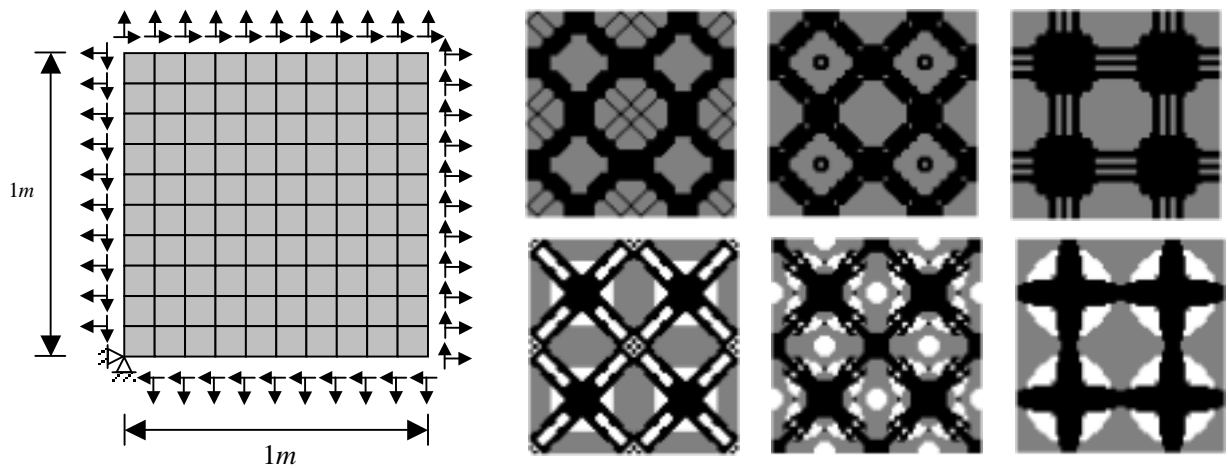


図4 複合材板構造のマイクロストラクチャーの設計（純せん断 純引張）

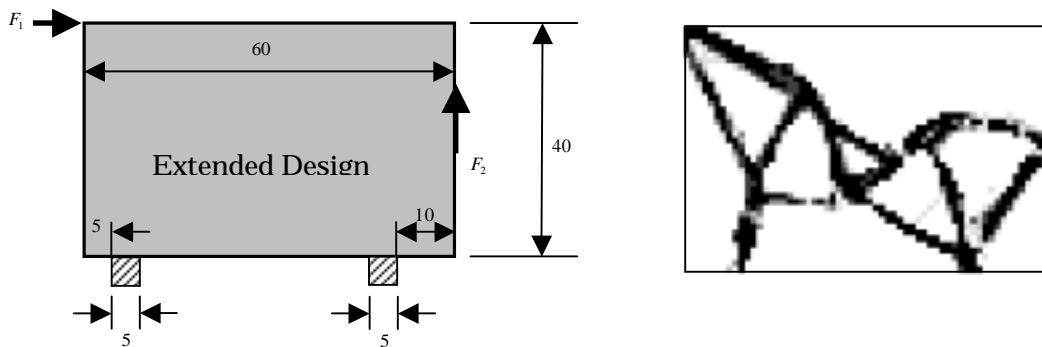


図5 コンプライアントメカニズムの生成

5. 講義について

講義に関しては、秋は1科目、冬は2科目の講義を受けました。いずれも大学院生を対象とした講義で、私は時間の関係もあり、菊池教授の講義しか受けませんでした。非常に講義に力を入れているのに驚きました。講義内容は、ほとんどがここ5年以内に、数値解析の分野で話題になっている最先端のテーマで、1つの講義で4~5のホームワークが出されるのですが、これらをこなせば、ほぼその最先端の研究の基本的な部分が習得できるようになっています。そして、ホームワークは、そのほとんどが、Mathematica や Matlab という数式処理ソフトを利用するもので、学生はこれらのソフトを自在に使いこなしていました。これらのソフトを使えば、線形代数や微積分のほとんどの演算は、簡単なコマンドで行うことができるので、今は、連立方程式の解法や数値積分の方法などは教える必要がないと言われていました。時代の移り変わりとともに、講義内容もどんどん変わっていくようです。また、講義に関するノートもホームページに掲載され、学生はそのノートをダウンロードできるようになっています。この講義ノートも毎年書き換えているそうです。コンピュータ環境も非常に整備されており、図書館等に設置してあるコンピュータには Matlab, Mathematica をはじめ沢山のソフトがインストールされており、学生は自由に使えるようになっていました。ミシガン大学の学生には、このような講義で得た知識をもとにベンチャー企業を起こした人も何人かいるようです。

講義は、一つの科目が週二回ありそれぞれ90分でした。受講料は、1つの科目につき30万円ですから、いい加減な講義をすると、学生からすぐにクレームがつくそうです。講義の最後には、必ず講義に対する評価を行う用紙が配られ、この学生からの評価が教官の給料の査定にも関わります。ちなみに大学院生は、修了までに10科目の講義をとる必要があります、それだけで300万円の学費がかかるわけですから、学生にとっても非常に大きな投資になります。

このようなシステムは、昔からあったわけではなく十数年前に大学の経済改革が行われて、このような体勢ができたようです。できるだけ学生から金を取ることで、学生も本気になるし、教官も手を抜けないというシステムを作り、それが成功して、それまで赤字続きだった大学経営が3年間で黒字に転じたそうです。そして、ミシガン大学工学部は、昨年は、スタンフォード、MITについて、全米で3位の実績を築くまでになったそうです。菊池教授は、この経済改革に直接関わられたようで、これに関しても色々話を聞くことができましたので、また機会があれば紹介したいと思います。

6. 欧米の研究動向について

菊池教授が、昨年 EU の新規研究プロジェクトの審査委員に選ばれ（全米で2人）、その出張の後で聞いた話によると、EU の全プロポーザルの1/3は、Eco-Design, Eco-Material, Eco-System 等に関連したものであったそうです。したがって、欧米の研究の中心は、何らかの形で環境を考慮したものに向かいつつあるようです。

7. その他

その他、大学の実験設備や他学部の様子等も紹介したかったのですが、実際のところほとんど研究室と家との往復の毎日で、図書館ぐらいしか詳しく見ていませんでしたので、興味のある方は以下のミシガン大学工学部のホームページをご参照下さい。

<http://www.engin.umich.edu/>

Ann Arbor は冬の寒さは非常に厳しいところですが、雨が多く、四季があって、日本人には適用しやすい気候でした。また、自動車会社の駐在も含めて日本人の非常に多いところで、日本食のレストランだけで5軒もありますので暮らしには困らないと思います。これから留学をお考えの方は、是非候補の一つに入れてみて下さい。

謝辞

最後に、この留学に関しまして、工学部後援会より、平成9年度若手教官海外研修奨励助成金を頂きました。ここに期して深く感謝いたします。



写真1 セントラルキャンパス周辺



写真2 セントラルキャンパス内



写真3 ノースキャンパス図書館



写真4 工学部機械工学科の建物



写真5 機械工学科前の駐車場



写真6 機械工学科前の森



写真7 ファミリーハウジング



写真8 ファミリーハウジング前の公園