平成 22 年度 卒業論文

琵琶湖の堆積物コアが捉える 数百年スケールのグローバルな気候変動 Multi century-scale global climate change with a possible proxy of the sediment core from Lake Biwa

三重大学 生物資源学部

共生環境学科 自然環境システム学講座

地球環境気候学研究室 507384

三谷 厚美

指導教員:立花義裕教授

1-1 研究背景
1-1-1 古気候
1-1-2 湖沼堆積物

- 1-1-3 太陽黒点
- 1-2 研究目的

第2章 使用データ......7

- 2-1 堆積物コア
 - 2-1-1 湖沼堆積物
 - 2-1-2 分析手法
- 2-2 太陽黒点数

2-3 NOAA-CIRES 20th Century Reanalysis version 2

- - 3-1 湖沼堆積物と太陽黒点数との関係

3-2 堆積物の変動に伴う大気場の傾向

- 3-3 大気場との相関
 - 3-3-1 太陽黒点数と大気場
 - 3-3-2 堆積物と大気場

第4章 結果.....11

 $\mathbf{2}$

- 4-1 湖沼堆積物
- 4-1-1 平均粒径と含水率
- 4-1-2 堆積物の年代

第1章 序論......4

- 4-2 堆積物と太陽黒点数
- 4-2-1 変動の比較
- 4-2-2 自己相関

4-3 堆積物の変動に伴う大気場の傾向

4-4 大気場との相関

- 4-4-1 太陽黒点数と大気場
- 4-4-2 堆積物と大気場

参考·引用文献

謝辞

1-1 研究背景

1-1-1 古気候

近年,地球の気候を巡る様々な議論が活発に行われている.気候変動は,政治・経済に大きく 関わり,私たちの生活に深く影響を与えている問題である.しかし,地球の気候は様々な時間ス ケールを持ち,複雑な変動を繰り返している.現在の気候変動が,地球の歴史の中でどのような 変動の状態に位置するのかを理解するためには,過去の気候変動を明らかにしていく古気候学の 理解が不可欠である.また,「温故知新」と言われるように,古気候を理解することは,気候変動 の将来予測に繋がる.

古気候を明らかにするために、気象観測の記録がない時代の気候は、気象データの代わりに、気 候の指標となる代理データ(proxy data)を使用して復元される.過去の気候を復元するための 代理データとして用いられるものは様々であり、例として、氷床コアの酸素同位体比や、花粉の 組成(Nakagawa et al., 2003)年輪の炭素同位体比などが挙げられる.

1-1-2 湖沼堆積物

本研究では、代理データとして、湖や沼の底に溜まる堆積物、湖沼堆積物に着目した.湖の周 辺で風が吹くと、地表で砂塵が巻き上げられ、湖に入り込む.豪雨や地震などの災害時には、流 域内で大量の土砂が生産されるので、それらが湖底に運搬され、蓄積する.このように、湖底で は、流域の歴史・環境情報を連続的に記録してきたと考えられる.つまり、湖沼堆積物は、陸域 周辺の環境変動が保存されており、古気候変動を探るための貴重な試料となる.そして、流域環 境の情報を記録する代理データとして取り扱うことができる.



Fig. 1-1 柱状の湖沼堆積物

湖沼堆積物について,過去の研究では,有機炭素含有率と冬の平均気温(公文,2003)や, 粒径と降水量(岩本ら,2007)など,観測されてきた気象要素との相関関係が明らかにされて いる.しかし,これらの観測された気象要素は,堆積物が記録してきたと推定される期間に比べ, 非常に短い期間のデータしか存在しない.また,その比較対象となる気象要素は,堆積物を採取 した周辺の一地点で観測されたもので,位置が限定的である.そのため,湖沼堆積物との長周期 的な変動の比較を行うことができず,広域にわたった相関関係が分からない.

1-1-3 太陽黒点

広域にわたる相関関係を見出すために、本研究では、太陽黒点に注目した.太陽の黒点数は、 地球全体に影響を及ぼしていると考えられ、広域を対象とした比較を行うことができる.

Fig. 1-2 は 1610 年から 2010 年までの,年平均の太陽黒点数である.(データの詳細について は,後ほど 2 章にて説明する.)この図をみると,太陽黒点の数は周期性を持って増減している ことが分かる.一番顕著に表れているのは,およそ 11 年の周期であり,極大,極小を繰り返して いる.また,1640 年代から 1710 年代にかけて,極端に減少が続いている.これは,マウンダー 極小期と呼ばれ,地球では温度も下がり,特に,北半球では寒冷期であった時期と一致している. 他に,多少顕著さは欠くが,1790 年から 1820 年に見られるダルトン極小期でも,地球の寒冷期 と一致する.

このように、太陽活動の活発さは黒点数の増減に現れ、黒点が多く現れているほど太陽活動が 活発になることを意味する.そして、太陽活動の停滞期には、地球では寒冷化が起こっている. よって、黒点数は地球規模の変動を示す代替データと考えることができる.また、黒点数の観測 は、過去約 400 年間と、歴史的にも非常に長いデータの蓄積がある.他の観測要素と比べ、多く データが存在するので、長期的な変動の比較を行うことができる.



Fig. 1-2 過去 400 年間の太陽黒点数(横軸 : [年] 縦軸 : [個])

1-2 研究目的

本研究では、湖沼堆積物が大気場のどのような変動をとらえているのかを、明らかにすること を目的として研究をする.また、湖沼堆積物が、地球に大きく影響を及ぼす太陽活動とどのよう に関連しているかを分析する.そして、ここでは琵琶湖の堆積物を使用し、日本周辺の気候変動 の代替データとして取り扱うことで、広域に渡り目を向ける.気候変動は、地域によって起こる リズムや規模が変わってくる.日本周辺の気候変動が、他の地域とどのように関連しているか、 大気場を通じて解析を行う.

2章 使用データ

2-1 堆積物コア

2009年12月28日,琵琶湖で採取された堆積物コアを使用する.

2-1-1 琵琶湖の堆積物

本研究で使用する湖沼堆積物は,琵琶湖で採取された堆積物コアである.琵琶湖は世界最古の 湖の一つで,湖底にたまっている堆積物は,主として流域からの土砂により形成されており,少 なくとも約 100 万年前までの記録を保存していると考えられている.長年の連続した環境変動を 知ることができる.

使用した堆積物コアは,全長 88 cm (コア1),96 cm (コア2),100 cm (コア3)であり, コアの年代を完全に決定することはできないが,琵琶湖では,約10年かけて1 cm堆積するので,約800年前までの堆積物を保存していると考えられる.(柏谷健二,2010-8-30,私信)

2-1-2 分析手法

堆積物は,上層 5 cmまでを 0.5 cm 間隔で,それ以下を 1 cm 間隔でスライスし,全岩試料の分析を行った. 0.5 cm または 1 cm ごとのスライスは,手作業で行ったので,試料の数から考えられる堆積物コアの長さは 87 cm (コア 1),88 cm (コア 2),99 cm (コア 3)となり,スライスする前に測定した全長とは一致しなかった.

含水率は、スライス後に測定したコア試料の湿潤質量と、乾燥させた後の乾燥試料から得られた重量百分率を含水率とした.また、粒度分析は、乾燥後の試料に超音波処理を行い、それぞれの試料を完全に分散させた後、分散島津製のレーザ回折式粒度分布測定装置 SALD-2200 を用い 測定した.この測定範囲は、0.03 µm ~ 1000 µm (15.2 ¢) である.



Fig. 2-1 堆積物コアをスライスする様子

2-2 太陽黒点数

太陽黒点数は, 1610 年から 1699 年までを SPIDR (Space Physics Interactive Data Resource) のホームページ (http://spidr.ngdc.noaa.gov/) から取得し, 1700 年から 2010 年までを SIDC (Solar Influences Data Analysis Center) のホームページ (http://sidc.oma.be/) から取得した. それぞれ年平均データを使用した.

2-3 大気場

20th Century Reanalysis Project (20世紀再分析プロジェクト)により,生成された, NOAA-CIRES 20th Century Reanalysis version 2 (Compo et al., 2010)を使用した.このデー タは,1871 年までさかのぼった地球規模のデータセットを,24 等圧面において生成している. 解像度は2.0°lon×2.0°lat である.期間は1871 年 12 月から 2008 年 12 月までの138 年間の 月平均データを使用した.対象季節は,12 月から 2 月までの3 カ月平均を冬季とし,6 月から 8 月までの3 カ月平均を夏季とした.物理量は多数あるが,本研究では,ジオポテンシャル高度, 相対湿度,東西風,南北風を使用している.また,本研究では,北緯 30°から北緯 90°の北半 球を対象領域とした.参考として,以下に1871 年から 2008 年の,12 月から 2 月の冬の平均 1000hPa 面ジオポテンシャル高度場と,平均温度場を示す.(Fig. 2-2, Fig. 2-3)





Fig. 2-2 138年間の冬の1000hPa面における平均高度場(単位:[m])

Fig. 2-3 138 年間の冬の 1000hPa 面における平均温度場(単位:[℃])

3-1 湖沼堆積物と太陽黒点数との関係

堆積物の測定結果と太陽黒点数の変動を比較した.堆積物の年代は,堆積速度 約8~15年/cm という仮定をもとに,もっともよい相関があらわれたものを基準とし,深さから年代を推定する. また,それぞれ自己相関をとることで,周期性を調べた.以下に平均粒径と含水率の測定結果を 示す.(Fig. 3-1, Fig. 3-2)横軸は深さであり,上層のものほど堆積した年代が新しく,下層のも のほど堆積した年代が古いものとなる.

また、1 cmごとの測定結果は、短期的な変動が激しく、長期的な変動が分かりにくいため、5 cm 移動平均を求めた.太陽黒点数に関しては、もっとも顕著に表れる約 11 年の周期を除去するため、 11 年移動平均を求めた.



3-2 堆積物の変動に伴う大気場の傾向

1872 年から 1901 年の 30 年平均を昔 30 年の平均場とし, 1979 年から 2008 年の 30 年平均を 最近 30 年の平均場とした.そして,最近 30 年の平均場と昔 30 年の平均場の差をとることによ り,最近 30 年における傾向をみた.堆積物と太陽黒点数については,最近 30 年における傾向は, 昔の 30 年に比べ上昇を示している.よって,堆積物と太陽黒点数の上昇に伴う大気場の傾向が分 かる.使用した大気場は,冬の 1000hPa,850hPa,500hPa,100hPa 面におけるジオポテンシャ ル高度,夏の 1000hPa,850hPa,500hPa 面における相対湿度,冬の 1000hPa 面における風速 である.風速は,東西風,南北風から求めた絶対風速を使用した.

3-3 大気場との相関

3-3-1 太陽黒点数と大気場

太陽黒点数と大気場の相関図を作成した.これにより,太陽黒点数の変動に伴った大気場の 変動を調べることができる.使用した大気場は,冬の1000hPa,500hPa,300hPa,100hPa 面 におけるジオポテンシャル高度と,夏の1000hPa, 500hPa,300hPa,100hPa 面における相対 湿度である.太陽黒点数は,11年移動平均したものを使用した.

3-3-2 堆積物と大気場

堆積物と大気場の相関図を作成した.堆積物は,コア1,コア2の平均粒径を使用した.年代 については,3-1 により推定された堆積速度を基準とする.大気場は,3-3-1 と同様の,冬の 1000hPa,500hPa,300hPa,100hPa 面におけるジオポテンシャル高度,と夏の1000hPa, 500hPa,300hPa,100hPa 面における相対湿度である.

10

4章 結果

4-1 湖沼堆積物

4-1-2 平均粒径と含水率

平均粒径と含水率の相関係数を求めた結果,コア1では 0.84,コア 2 では 0.88 と,高い相関 関係がみられた。湖沼堆積物の粒径と含水率は、同様に変動をしていることが分かる。

4-1-2 堆積物の年代

堆積速度の目安は,約8~15年/cm であったが,Fig. 4-1 にみられるように,12年/cm と仮 定すると,太陽黒点数との相関関係が最も高くあらわれた.平均粒径においては,コア1では0.67, コア2では0.76,含水率においては,コア1では0.67,コア2では0.72,コア3では0.70とな った. このことから,堆積物の年代を,1cm = 12年で堆積すると考えることで,目安を立てる ことができる.



Fig. 4-1 太陽黒点数とコア1の平均粒径との相関係数(横軸:堆積速度[年/cm])

4-2 堆積物と太陽黒点数

4-2-1 変動の比較

4-2-1 により、目安となる堆積速度から、堆積物の横軸を深さから年代に変えることができる. そして、太陽黒点数と重ねることで、堆積物の変動と黒点数の変動を比較した.

Fig. 4-2 は、5 cm移動平均をした平均粒径と、11 年移動平均をした太陽黒点数を重ねたもので ある. コア1についても、コア2についても、どちらも黒点数と同様の変動を示している. 太陽 黒点数が激減する 1640 年代から 1710 年代のマウンダー極小期では、平均粒径も共に減少してい ることが分かる. しかし、顕著さは欠くが、他の極小期として知られる 1790 年から 1820 年のダ ルトン極小期では、平均粒径の減少は見られなかった. Fig. 4-3 は、5 cm移動平均をした含水率と、11 年移動平均をした太陽黒点数を重ねたものである. 平均粒径と同様に、黒点数と似た変動と示していることが分かる. また、長年、黒点の減少が続いたマウンダー極小期と同時期において、含水率も減少を示しているが、顕著さを欠くダルトン極小期では、減少は見られなかった.





4-2-2 自己相関

Fig. 4-2 と Fig. 4-3 について, それぞれ自己相関を求めたものを, Fig. 4-4 と Fig. 4-5 に示 す. Fig. 4-2 の平均粒径をみると, コア1はコア2に比べ, 周期がはっきりと表れていることが 分かる. また, コア1とコア2について, 約 200 年前後の周期がみられ, 太陽黒点数については, 約 100 年の周期がみられる. Fig. 4-3 の含水率は, はっきりとした周期性はみられないが, 平均 粒径と同様の周期性が表れた.



Fig. 4-4 平均粒径(5cm 移動平均)と太陽黒点数自己相関(横軸:年)



Fig. 4-5 含水率(5cm 移動平均)と太陽黒点数の自己相関(横軸:年)

4-3 堆積物の変動に伴う大気場の傾向

3-2 で作成した図をみていく. Fig. 4-6 は、冬のジオポテンシャル高度の、最近 30 年の平均 場と昔 30 年の平均場の差である.日本と北太平洋付近をみると、負の値を示しており、低気圧傾 向であることが分かる.また、この低気圧傾向は、1000hPa,850hPa,500hPa,100hPa でもみら れ、強弱の差はあるが、上層まで続いていることが分かる.そして、低気圧は反時計まわりであ ることから、日本では西向きの風が強まっていると考えられる.また、他の地域をみると、アラ スカ周辺において、正の値を示していることから、高気圧傾向であることが分かる.これは、日 本・北太平洋の低気圧傾向と同様に、1000hPa,850hPa,500hPa,100hPa でもみられ、上層まで続 いている.

Fig. 4-7 は,夏の相対湿度の,最近 30 年の平均場と昔 30 年の平均場の差である.北太平洋一体をみると,正の値を示しており,湿潤傾向であることが分かる.また,この湿潤傾向は,1000hPa,850hPa,500hPa でもみられ,上層まで続いていること分かる.

Fig. 4-8 は、冬と夏の 1000hPa ジオポテンシャル高度における、最近 30 年の平均場と昔 30 年の平均場の差である。冬と夏それぞれにおいて、日本と北太平洋付近では、正の値を示しており、風速が強まっていることが分かる。 そして、ベクトルは風向きを示しており、日本周辺では 西向きであることが分かる。これは、Fig. 4-6 でみられた低気圧から考えられる風と一致している。



Fig. 4-6 最近 30 年平均と昔 30 年平均の差(冬のジオポテンシャル高度[m])



Fig. 4-7 最近 30 年平均と昔 30 年平均の差(夏の相対湿度[%])



Fig. 4-7 最近 30 年平均と昔 30 年平均の差(1000hPa 面の風速 [m/s] ベクトル:風向き)

4-4-1 太陽黒点数と大気場

Fig. 3-3 は、太陽黒点数と、冬のジオポテンシャル高度との相関図である.線は相関係数、陰影は有意性を示している. 1000hPa,500hPa,300hPa,100hPa において、日本周辺では負の相関が表れており、上層まで続いていることが分かる. これは、太陽黒点数の増加に伴って、低気圧傾向になること示している.また、Fig. 3-4 は、太陽黒点数と、冬の風速との相関図である. 1000hPa,500hPa,300hPa において、日本の北では正の相関が表れている. 100hPa ではみられないが、上層まで続いていることが分かる. これは、太陽黒点数の増加に伴って、風速が強まることを示している.



Fig. 3-3 相関図【 黒点数-冬のジオポテンシャル高度 】 (contour:相関係数 shade:有意性)



Fig. 3-4 相関図【 黒点数-冬の風速 】 (contour:相関係数 shade:有意性)

4-4-2 堆積物と大気場

Fig. 3-5 は、コア1の平均粒径と、冬のジオポテンシャル高度との相関図である.線は相関 係数、陰影は有意性を示している.1000hPa,100hPa において、日本周辺では負の相関が表れて いる.500hPa,300hPa では弱まっているが、上層まで続いていることが分かる.

また, Fig. 3-6 は, コア2の平均粒径と, 冬のジオポテンシャル高度との相関図である. コア 1 と同様に, 1000hPa, 100hPa において, 日本周辺では負の相関が表れている. 500hPa, 300hPa, ではみられないが, 上層まで続いていることが分かる. これは, 平均粒径の上昇に伴って, 低気 圧傾向になること示している.

Fig. 3-7 は、コア1の平均粒径と、冬の風速との相関図である. 1000hPa,500hPa,300hPa において、日本の北では、正の相関が表れている. 100hPa ではまとまった分布をしているが、上層まで続いていることが分かる.

また, Fig. 3-8 は, コア2の平均粒径と, 冬の風速との相関図である. コア1と同様に, 1000hPa において, 日本の北では, 正の相関が表れている. しかし, 500hPa,300hPa,100hPa においては, 相関はみられなかった.



Fig. 3-5 相関図【 コア1の平均粒径-冬のジオポテンシャル高度】 (contour:相関係数 shade:有意性)



Fig. 3-6 相関図【 コア2の平均粒径-冬のジオポテンシャル高度】 (contour:相関係数 shade:有意性)



Fig. 3-7 相関図【 コア1の平均粒径-冬の風速】 (contour:相関係数 shade:有意性)



Fig. 3-8 相関図【 コア2の平均粒径-冬の風速】 (contour:相関係数 shade:有意性)

5章 考察・まとめ

湖沼堆積物の試料を分析した結果,平均粒径と含水率は同様の変動をしていることが分かった. また,堆積物の深さを年代に変えるため,堆積速度をずらし,それぞれ太陽黒点数との相関係数 を求めることで,年代の基準を決めることができた.もっとも高く相関があらわれた堆積速度は, 12年/cm だが,これは,琵琶湖の堆積物から考えられるおおよその堆積速である,約8~15/cm に 収まった.この基準を元に,平均粒径と含水率をそれぞれ太陽黒点数との相関を求めたところ, 0.6以上の値を示した.また,自己相関をとると,平均粒径と含水率は,約200年前後の周期性 を持っていることが分かり.太陽黒点数については,約100年前後の周期性を持っていることが 分かった.このことから,琵琶湖の堆積物は,地球規模のシグナルを捉えていることが考えられ た.

また、平均粒径と含水率の上昇に伴う大気場の傾向をみると、日本・北太平洋付近では冬のジ オポテンシャル高度が負の値を示していることから、低気圧傾向であることが分かった.そして、 低気圧は反時計まわりであることから、日本では西向きの風が強まっていると考えられた.夏の 相対湿度については、正の値を示し、湿潤傾向であることが分かった.そして、これらの傾向は、 1000hPa,850hPa,500hPa,100hPa に渡り存在し、上層まで続いていることから、表層だけの傾向 ではないと考えられる.また、冬と夏それぞれの 1000hPa 面における風速についても、正の値を 示し、同地域において上昇傾向であることが分かった.このことから、日本・北太平洋周辺では、 風が吹き荒れたことにより、粒径と含水率の上昇が起こったと考えられる.過去の論文では、堆 積物の変動と、堆積物を採取した周辺の一地点で観測されてきた気温や風速などの気象要素との 相関関係が明らかにされている(岩本はるか et al ,2007).しかし、堆積物の変動と大気場の変 動との比較を行うことにより、北半球全体のグローバルな傾向を確認することができた.また、 他の地域をみると、アラスカ周辺では高気圧傾向であることが分かった.そして、日本・北太平 洋周辺で現れた低気圧傾向と同様に、上層まで続いている.このことから、琵琶湖の堆積物は、 日本で起こりうる現象だけでなく、北半球の他地域で想定される現象にも関連性を示す試料と考 えられる.

11 年移動平均した太陽黒点数と 5cm 移動平均した平均粒径に関して、それぞれ大気場との相 関関係を解析した結果、同地域で同じ相関がみられた.日本周辺に着目すると、11 年移動平均し た黒点数と冬の 1000hPa,500hPa,300hPa,100hPa 面ジオポテンシャル高度では、それぞれ負の 値を示していた.また、5cm 移動平均した平均粒径と冬の 1000hPa,500hPa,300hPa,100hPa 面 ジオポテンシャル高度でも、負の値を示していた.しかし、コア 2 では、500hPa,300hPa におい て、同様の相関関係はみられなかった.これは、コア 2 はコア 1 と比べ、はっきりとした変動を

24

捉えていなかったためと考えられる.これらのことから,平均粒径と太陽黒点数は,日本周辺に おいて,ジオポテンシャル高度と逆相関の関係があることが分かる.また,他の地域に着目する と,アラスカ周辺では,黒点数と冬の1000hPa,500hPa,300hPa,100hPa面ジオポテンシャル高 度では,それぞれ正の値を示していた.また,5cm移動平均した平均粒径と冬の

1000hPa,500hPa,300hPa,100hPa 面ジオポテンシャル高度でも,正の値を示していた.このこと から,アラスカ周辺において,太陽黒点数と平均粒径は,ジオポテンシャル高度と相関の関係が あることが分かる.また,冬の風速については,太陽黒点数では1000hPa,500hPa,300hPa にお いて,日本の北では正の相関を示していた.コア1の平均粒径でも,1000hPa,500hPa,300hPa において,正の相関を示していた.しかし,コア2では,1000hPa においてのみ相関があること から,周期性がはっきり表れていなかったためと考えられる.このことから,平均粒径と太陽黒 点数は,日本の北において,風速と相関関係があることが分かる.

このように,琵琶湖の堆積物は,地球規模に影響を及ぼす太陽黒点数のシグナルを捉えている と考えられた.また,これを代替データとして,グローバルな変動を想定するという,さらなる 可能性を見出すことができた.

参考・引用文献

- Nakagawa, T., H. Kitagawa, Y. Yasuda, P. Tarasov, K. Nishida, K. Gotanda, Y. Sawai, and Yangtze River Civilization Program Members (2003) : Asynchronous Climate Changes in the North Atlantic and Japan During the Last Termination, Science, 299, 688-691.
- 2) 公文富士夫(2003):古気候指標としての湖沼堆積物中の全有機炭素・全窒素含有率の有効性, 第四紀研究,42,195-204.
- 3) 岩本はるか・渡部遼・岩本直哉・天野敦子・斎藤笑子・納谷友規・熊谷道夫・井内美朗(2007): 琵琶湖表層柱状堆積物の物理量と気象観測データとの対応,第四紀通信,Vol.14,No.2.
- 4) 安城哲三・柏谷健二 (1992): 地球環境変動とミランコヴィッチ・サイクル,古今書院
- 5) Kashiwaya,K.,K.Fukuyama, and A.Yamamoto (1990) : Erosional environment and grain size variation in Pleistocene lake sediments,L'Anthropologie,Vol.94,No.2.

謝辞

本研究を始めるにあたり、貴重な堆積物の試料を提供していただいた、金沢大学の柏谷健二教 授に深く感謝の意を表します.堆積物コアの分析でも直接ご指導してくださり、ここまで研究す ることができました.また、金沢大学地球環境進化学講座の方々には、堆積物の分析に関して多 大なご協力をいただきました.この場を借りて、厚く御礼申し上げます.

研究を進めるにあたっては,直接ご指導してくださった立花義裕教授,古気候学ゼミで様々な 知識を学ばせて頂いた福山薫教授には,心より感謝の意を表します.三重大学生物資源学部共生 環境学科自然システム学講座の先生方には,授業や合同ゼミ等で貴重なご意見やご指導をいただ いたりと,大変お世話になりました.厚く御礼申し上げます.環境解析学研究室の皆さまには, 古気候学ゼミや計算機の使い方など,多岐にわたり貴重なご支援をしてくださり,大変感謝して おります.地球環境気候学研究室の先輩方には,発表の仕方や論文の書き方,要旨の添削など, 多岐にわたり細かく丁寧にご指導いただきました.大変感謝しております.この場を借りて御礼 申し上げます.