



# 京機短信

## KEIKI short letter

No.398 2024.11.05

京機会(京都大学機械系同窓会)

tel. & fax. 075-383-3713

E-Mail: jimukyoku@keikikai.jp

URL: <http://www.keikikai.jp>

編集責任者 京機短信編集委員会

### 目次

- ・ series 研究最前線 (20) やわらかい触覚センサとその応用……川節拓実 (pp.2-6)
- ・ 文政/令和・江戸/東京散歩(その5) 大名屋敷(後編)……藤川卓爾 (pp.7-11)
- ・ 1973年(昭和48年)卒同期会開催報告……成宮 明、増本雄治 (p.12)
- ・ 昭和58年卒業(54入、60修)同期会開催報告……今谷勝次 (p.13)

11月3日(日)に京機会総会・特別講演会・懇親会が開催されました。懇親会の終わりには恒例の琵琶湖周航の歌の大合唱で一体感に包まれました。



## series 研究最前線 (20)

## やわらかい触覚センサとその応用

川節拓実 (H25/2013 卒)



「やわらかい材料のやわらかさを損なわずに触覚センサの機能を与えられるか？」

### 1. はじめに

私はソフトロボティクスの研究に従事しており、特に触覚センシングを軸としてセンサの基礎的な開発から応用まで広く手がけてきました。触覚センサは環境との相互作用で生じる変形や力などの力学的な情報を測定するセンサであり、様々な測定原理が提案されています。やわらかさが生み出す機能を積極的に活用するソフトロボティクス分野の近年の発展とともに、大変形するやわらかい材料の変形や材料に加わった力を測定するための柔軟触覚センサにも関心が寄せられています。やわらかい材料の変形や加わった力を測定するためには、一般にやわらかい材料中にひずみゲージなどのセンサ素子や配線を埋め込む必要があります。しかし、材料が大変形するとこれらの素子や配線が破損もしくは剥離して測定できなくなることや、硬い素子や配線を埋め込むことで材料が本来持つやわらかさを損なわれることが課題となります。この課題を解決するための手法の中でも、私は磁性材料を用いた柔軟触覚センサ[1]と導電性液体を用いた柔軟触覚センサ[2]の2つに着目して、これらセンサの開発と応用を進めています。本記事では、これらの触覚センサについて紹介します。

### 2. コイル式柔軟触覚センサとその応用

磁性材料を用いた柔軟触覚センサとして、鉄粉とコイルを用いたセンサを提案しています。Fig.1に示すように、シリコーンゴムなどの柔軟材料には鉄粉のみを埋め込み、その近傍にコイルを設置する構造が基本構成です。この構造において、高い透磁率を持つ鉄粉がコイルに接近すると、コイルのインダクタンスが増加します。これによって、シリコーンゴムの変形、またその変形を起こした力を測定

することが可能となります。極めて単純な構成ながらやわらかい材料中には微粒子を埋め込むのみでよく、やわらかさをほとんど損なうことがありません。また壊れやすいセンサ素子や配線を埋め込む必要がなく、構造的に高い耐久性を実現可能です。



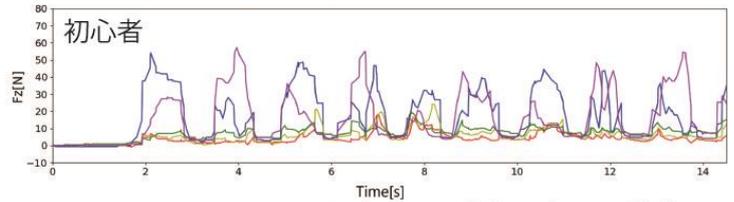
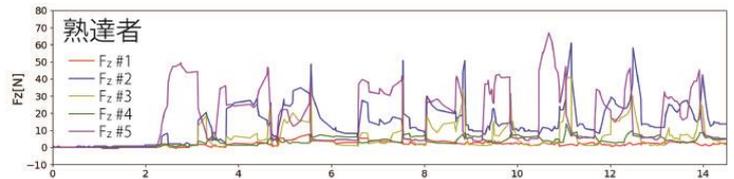
Fig. 1 磁性材料を用いた柔軟触覚センサ



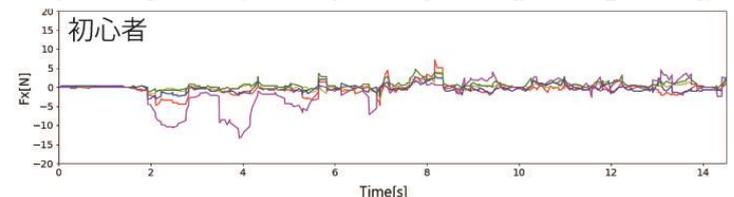
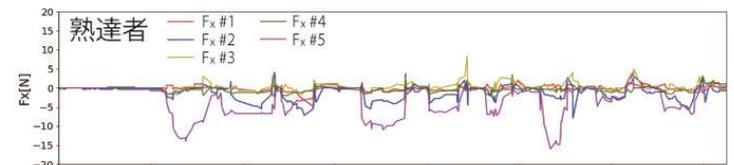
(a) 開発したインソールセンサ



(b) インラインスケート滑走中の3軸力を計測



(c) インラインスケート滑走中のz方向の力  $F_z$  の比較



(d) インラインスケート滑走中のx方向の力  $F_x$  の比較

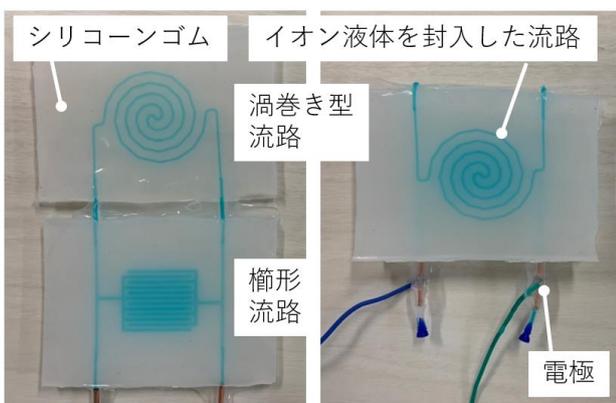
Fig. 2 コイル式触覚センサを用いたインソールセンサ

このセンサが持つ高い耐久性を活用して、ヒトの運動中に足底で生じる力学的な情報を計測するためのインソールセンサ応用 (Fig.2) も進めています。Fig.1のセンサ構造を工夫することで押し込み方向の力に加えて横ずれ方向の力 (せん断力) も測定できる3軸力センサを提案し、これを5つインソールに埋め込んだセン

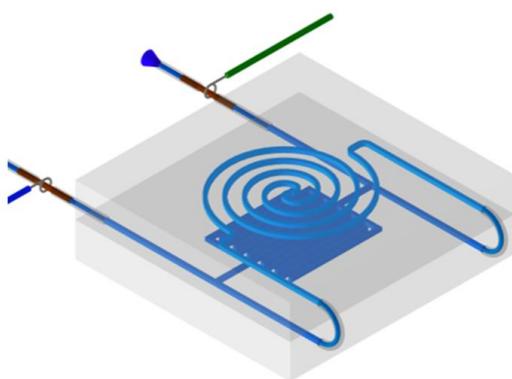
サを開発しています。耐久性の高さを活かして、スポーツ時などの激しい動きや衝撃が加わる場合のヒト運動計測にも挑戦しており、例えばスキーやインラインスケート (Fig.2) といった運動スキルにせん断力が強く関わるようなスポーツの測定、解析を進めています。

### 3. イオン液体を用いた柔軟触覚センサ

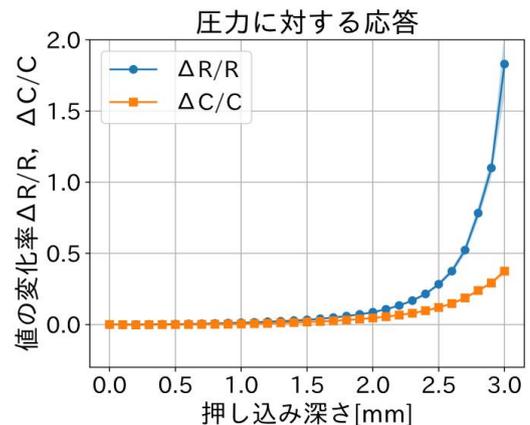
導電性液体を用いた柔軟触覚センサとして、イオン液体を用いた触覚センサを提案しています。Fig.3に示すように、このセンサではシリコンゴムなどのやわらかい材料中に流路を造形、イオン液体を充填して流路の両端に抵抗を読み出すための電極を配置しています。やわらかい材料が押し込まれたり伸ばされたりした時に、流路長や流路径に変化が生じるためイオン液体の抵抗値や静電容量が変化し、この値から変形や力が測定できます。磁性材料を用いた柔軟触覚センサ同様に、本方式でも柔軟材料自体には硬い素子などを埋め込む必要がなく、液体を埋め込むのみのため材料の柔らかさを損ないません。



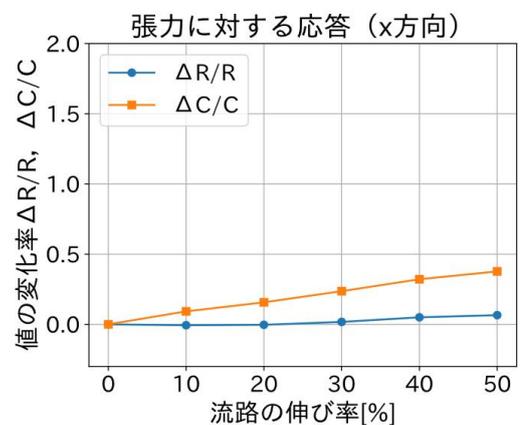
(a)イオン液体センサの外観



(b)渦巻き型流路と楕形流路を並列接続



(c)圧力に対する抵抗と静電容量の変化



(c)張力に対する抵抗と静電容量の変化

Fig. 3 イオン液体を用いた柔軟触覚センサ

また、近年の3Dプリンティング技術の発展にも伴い複雑な流路の造形が可能にもなり、例えば押し込み力のみで強く反応する流路や引っ張り力に反応する流路など、センサ構造によってセンサの特性を作り込める自由度が高まっています。Fig.3の例では、押し込み力に対して抵抗値が大きく変化する渦巻き型流路、引っ張り力に対して静電容量が大きく変化する楕円流路を並列接続したセンサを示しています。このセンサの電極からインピーダンスを測定することで押し込み力と引っ張り力の2つを推定できるようになっており、このように流路構造を複雑に作りこむことによって所望のセンサ特性を設計できるよう種々の構造提案を進めています。

#### 4. おわりに

本記事では近年注目を集めているやわらかい触覚センサの研究事例について紹介しました。やわらかい触覚センサの難しく興味深い点は、センサ自体が複雑に変形できるため様々な機械刺激に対して応答できる（してしまう）ことです。普通、センサを開発する場合には所望の機械刺激以外には極力反応しないように設計し、他の要素が混じってしまうセンサは良いセンサとは評価されないでしょう。では、やわらかいセンサは普通のセンサに比べて良くないセンサなのでしょうか？私は、このやわらかさが生み出す複雑に重畳されたセンサ情報をそのまま活用することが鍵になると考えています。特定の機械刺激毎にセンサ応答をキャリブレーションすることなく、例えばセンサの複雑な応答から直接的にロボットの振る舞いを生成するような方策が、環境に対して適応的に振る舞えるロボットの実現に結びつくかもしれません。今後、やわらかい触覚センサが硬いセンサを単に置き換えるのみでなく、本質的に異なる測定手段となるような研究を進めていきたいと考えています。

## 参考文献

[1] Takumi Kawasetsu, Takato Horii, Hisashi Ishihara, Minoru Asada: Flexible Tri-axis Tactile Sensor Using Spiral Inductor and Magnetorheological Elastomer, IEEE Sensors Journal, 18(14), pp.5834-5841, 2018.

[2] Hirono Ohashi, Takuto Yasuda, Takumi Kawasetsu, Koh Hosoda: Soft Tactile Sensors Having Two Channels With Different Slopes for Contact Position and Pressure Estimation, IEEE Sensors Letters, 7(5), 2000704, 2023.

## Profile

京都大学大学院工学研究科機械理工学専攻細田研究室 講師

1990年、大阪府に生まれる。2013年、奈良工業高等専門学校専攻科を修了。2015年に大阪大学大学院電気電子情報工学専攻博士前期課程修了。2018年、同大学大学院知能・機能創成工学専攻博士後期課程修了後、博士号取得。大阪大学特任研究員、東京大学特任助教、大阪大学助教を経て2024年から京都大学大学院工学研究科講師。

## 研究室HP

<https://arl.me.kyoto-u.ac.jp/>

## 文政/令和・江戸/東京散歩（その5） 大名屋敷（後編）

藤川卓爾（S42/1967卒）

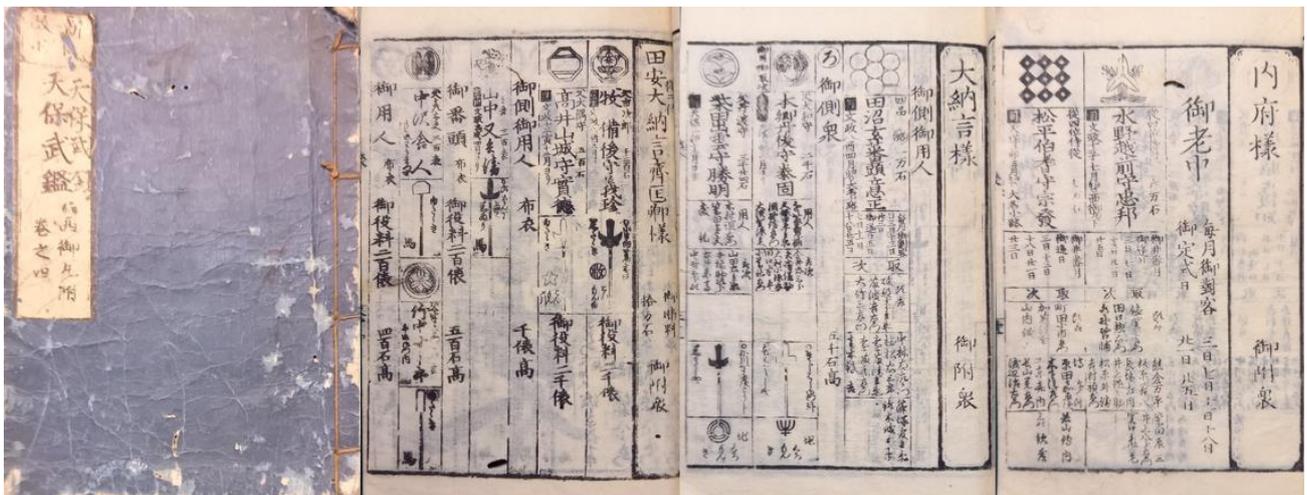
「武鑑」は、現在でいえば「会社四季報」のようなもので、大名や幕府役人の氏名・石高・俸給・家紋などを記した年鑑形式の紳士録である。

我が家には「天保武鑑」の「西御丸附 卷之四」と、「弘化武鑑」の「御大？ 卷之二」が残っている。この地図が発行された文政 13 年（天保元年）に近いのは「天保武鑑」であるので「西御丸附 卷之四」をしてみる。

「従二位 田安大納言齊匡郷様」のところには「御賄料 十万石 御附衆」とある。徳川齊匡（なりまさ）は御三卿の一つである田安家第3代当主である。牧備後守義珍、高井山城守実徳は旗本で田安家の家老である。高井実徳は大阪東町奉行のときに与力の大塩平八郎を重用し、汚職の一掃を図った。

「大納言様 御附衆」のところには「御側御用人」として「田沼玄蕃頭意正」が記されている。田沼意正（おきまさ）は田沼意次の四男である。

「内府様 御附衆」のところには「御老中」として「天保の改革」で有名な「水野越前守忠邦」が記されている。



天保武鑑

田安大納言齊匡

御側御用人

田沼意正

御老中

水野忠邦

「天保武鑑」抜粋

「弘化武鑑」の中からいくつかの大名を見つけた。

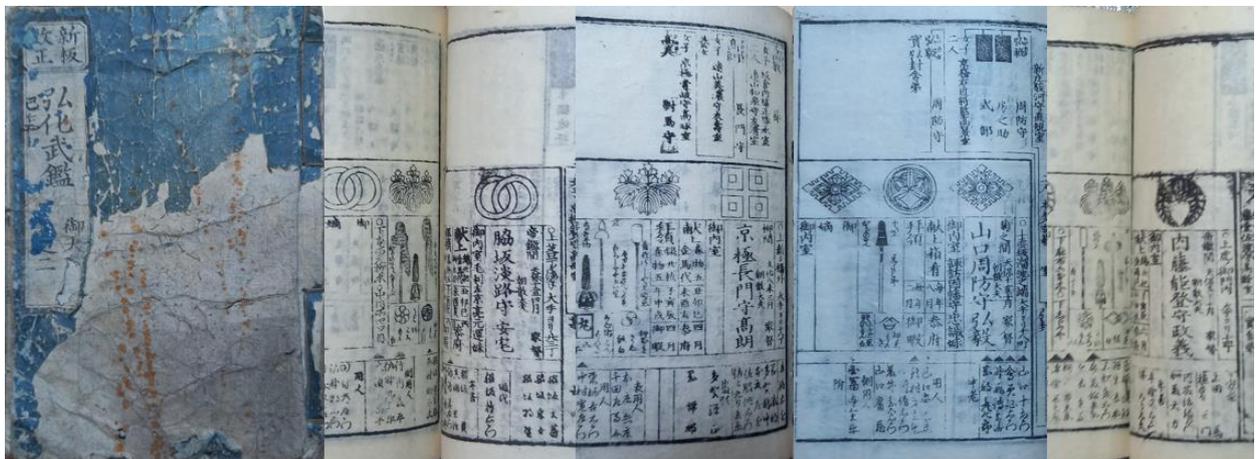
「脇坂淡路守安宅（やすおり）」は播磨龍野城主で、安政年間には老中を務め

た。脇坂家は万延・文久年間には現在新丸ビルが建っているところに上屋敷があった。

「京極長門守高朗（たかあきら）」は讃岐丸亀城主で、虎ノ門の金比羅宮のところに上屋敷があった。

「山口周防守弘毅（ひろたか）」は常陸牛久城主で、現在アメリカ大使館のあるところに上屋敷があった。地図では「山口イズ」となっているが、「伊豆守」は「周防守」の3代前の天明年間の当主である。

「内藤能登守政義」は井伊直弼の異母弟で、彦根藩より養子に入って日向延岡城主となった。現在文部科学省のあるところに上屋敷があった。地図では「内藤ビンゴ」となっているが「備後守」は政義の前後の当主の官位名である。



弘化武鑑

脇坂淡路守

京極長門守

山口周防守

内藤能登守

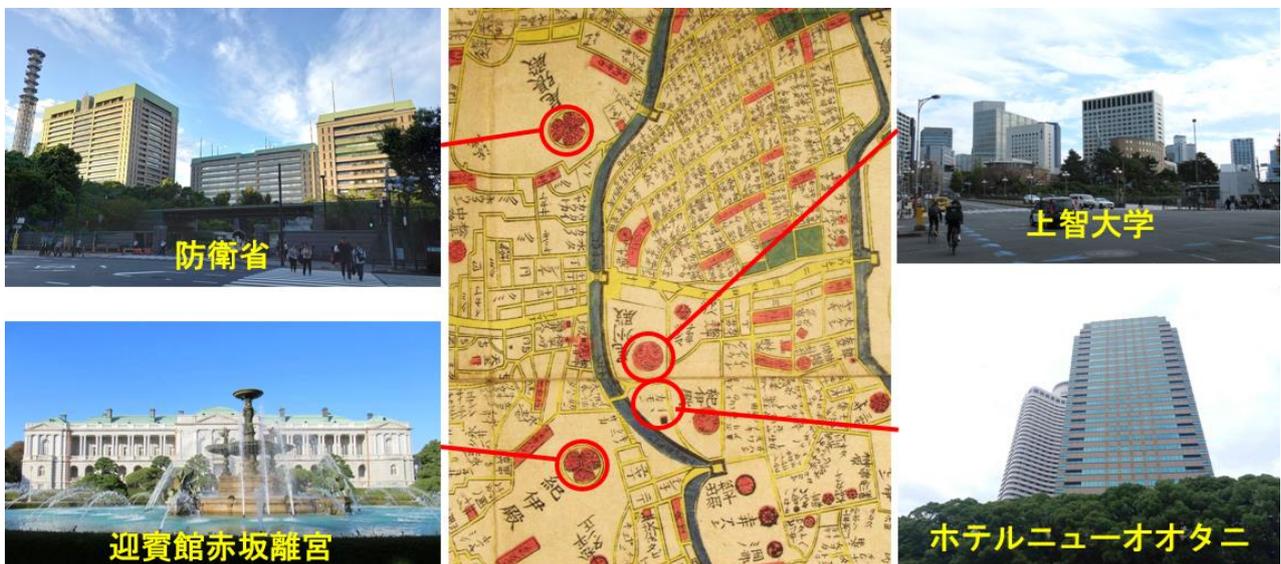
「弘化武鑑」抜粋

前報（その4）に記したように、江戸城外堀西南部の赤坂御門付近の堀の内側の紀尾井町には紀州徳川家中屋敷があったが、堀の外側には同じく紀州徳川家上屋敷があった。ここは明治維新後に青山御所となり、明治初期に皇居西ノ丸御殿火災のため約15年間にわたって仮皇居として使用された。明治末期に東宮御所として近代的な建物が建設されたが、後の大正天皇はほとんど使用せず、名前も赤坂離宮と改められた。第二次世界大戦後、赤坂御用地は皇室から国に移管され、昭和の後期に改修して迎賓館赤坂離宮となっている。

紀尾井町の井伊家中屋敷は明治維新で伏見宮邸となり、第二次世界大戦後にホテルニューオータニ創業者が買い取り、東京オリンピックの客室不足を解消するため、ホテルを建設した。

その北隣の尾張徳川家中屋敷跡は大正初期より上智大学のキャンパスになっている。前報（その 3）に記したように、喰違木戸跡から四谷御門跡までの外堀は真田信之が築いたので真田堀と呼ばれていたが、現在は埋め立てられて上智大学のグラウンドになっている。

外堀西北部の堀の外側の尾張徳川家上屋敷は明治維新後に薩摩藩兵の屯所として利用され、その後国防関係施設が建てられた。明治 7（1874）年から昭和初期までは陸軍士官学校、陸軍予科士官学校が置かれた。昭和 16（1941）年に陸軍省・参謀本部（大本営陸軍部）などが移転した。終戦後の米進駐軍（GHQ）による接收終了後の昭和 34（1959）年からは、自衛隊市ヶ谷駐屯地・市ヶ谷基地となり、平成 12（2000）年には防衛庁（現防衛省）が移転した。



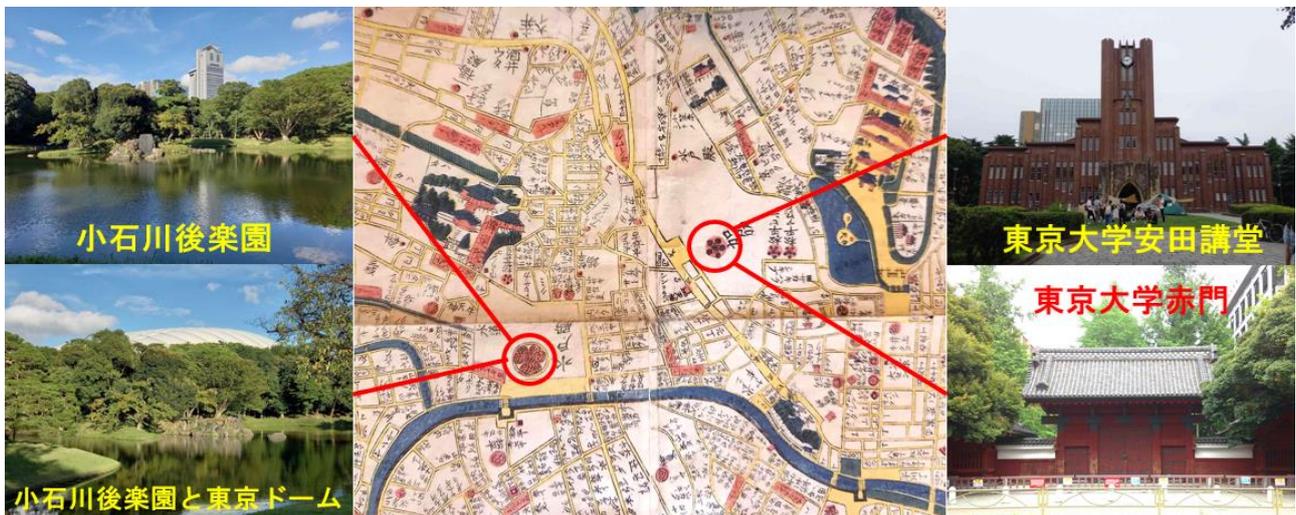
江戸城外堀西部の大名屋敷跡

江戸城外堀北部の水戸徳川家上屋敷跡には現在東京ドームが建っている。小石川後樂園は水戸徳川家上屋敷の後園である。水戸徳川家 2 代目の光圀は儒教思想を庭園に吹き込み、家臣の教養や親睦を高めるための場とした。園内には稲田が設けられている。これは光圀が子女に農耕の尊さと農民の苦勞を教えるために行った米作りに由来するが、昭和 50（1975）年から校外学習の一環として、地元の小学生が田植えを体験している。

江戸城外堀北側から少し外れたところに加賀金澤城主前田家の上屋敷があった。ここは現在東京大学の本郷キャンパスになっている。東京大学の赤門は文政 10（1827）年に將軍家の娘が前田家に輿入れした際に建てられた門であるので、文

政 13（1830）年にこの地図が作成されたときには既に存在していた。東京大学の安田講堂の近くの池は前田家上屋敷の庭園の心字池である。夏目漱石の小説に出てくるので「三四郎」の池と呼ばれている。

本郷三丁目交差点に「かねやす」ビルが建っている。兼康祐悦（ゆうえつ）という口中医師（歯医者）が住んでいたことに由来する。享保年間（1716～36年）から乳香散という歯磨粉を売り始め、大いに流行、繁盛したという。「本郷もかねやすまでは江戸のうち」という川柳がある。享保 15（1730）年に大火事が起こり、復興する際、大岡忠相は本郷の「かねやす」辺りから南側の建物には塗屋・土蔵造りを奨励し、屋根は茅葺を禁じ、瓦で葺くことを許した。中仙道を北上すると「かねやす」の店がある辺りから江戸の景観が農村的に変化したのでこの川柳が詠まれたと言われている。



江戸城外堀北部付近の大名屋敷跡

この他にも大名屋敷は沢山あった。その跡地には現在は近代的な施設が建てられているところが多いが、小石川後楽園のように庭園が残されているところも多い。主な庭園を下記に示す。

浜離宮恩賜庭園	徳川将軍家別邸 濱御殿
旧芝離宮恩賜庭園	相模小田原藩下屋敷
六義園	武蔵川越藩下屋敷
清澄庭園	下総関宿藩下屋敷
椿山荘庭園	上総久留里藩下屋敷
肥後細川庭園	肥後熊本藩下屋敷

この地図では濱御殿以外は明確には記載されていない。濱御殿は徳川家の菩提寺である増上寺の東方向の海沿いにある將軍家の別邸であった。明治維新後は皇室の離宮となり、第二次世界大戦後に東京都に下賜された。

増上寺の南方向には薩摩鹿児島城主島津家中屋敷があった。現在、ここには日本電気の本社ビルが建っている。その南側の海沿いには薩摩藩の蔵屋敷があった。幕末の戊辰戦争の時に勝海舟と西郷隆盛が2日間にわたってこの地で会見して江戸城無血開城を決めた。ここには三菱自動車工業の本社があったが、現在は田町タワーが建っている。



増上寺付近の大名屋敷跡

つづく

## 1973年（昭和48年）卒同期会開催報告

幹事・成宮 明、増本雄治（S48/1973卒）

去る10月4日、1973年（昭和48年）卒同期会を開催し旧交を温めました。コロナ感染を越えて6年ぶりの同期会開催で、最東は宇都宮から、最西は長崎から、全員で22名が京都に集まりました。初めに京大時計台の京大サロンに集まり、サロン隣の歴史展示室で1969年大学紛争下での奥田東総長の1分間入学式をビデオで鑑賞し、当時の思い出を語り合いました。その後、荒神橋のKKR京都くに荘に移動し、懇親会を開催、各人の近況報告発表で大いに盛り上がりました。ひとり3分以内の近況報告でしたので、時間不足で大変でしたが、楽しい大笑いの響くひとときでした。引き続き、東山ドライブウエーの奥に位置する京大理学研究所花山天文台に移動し、理学研究科スタッフの懇切なご案内を頂き、生憎の曇天で太陽の実測はできませんでしたが、天体望遠鏡による太陽像観察などについて説明を頂きました。あっという間にこの盛り沢山の全ての行事が終了し、3年後の再会を誓って散会しました。

2024.10.4 京機会S48卒同期会@KKR京都くに荘



(後列左から) 増本、下尾、増崎、田中、猪狩、江崎、矢島、大築、  
成宮、土井、三澤、寺本、澤本  
(中列左から) 吉村秀人、永岡、福田、田丸  
(前列左から) 加藤、中村、丸山、伊藤、鶴田

## 昭和 58 年卒業（54 入、60 修）同期会開催報告

今谷勝次（S58/1983卒）

10月5日に京都駅前の新阪急ホテルにて、昭和58年卒業（54入 or 60修）の同窓会を開催しました。この会合はオリンピックの年に開催しています。40年ぶり＝卒業以来初めての参加者も得て、中田くんの号令のもと32名でのスタートとなりました。話し出すと止まらないノリの近況報告が続きました。会場を変えた二次会では、剣道部120周年式典後に駆けつけた徳地くんも合流し、オッサン／オジンのよもや話して時間が過ぎました。集合写真を見ても、同年代とは思えないバリエーションです。次回は2年後に開催予定です。

