

# IFAC Control Orchestra：その意義と期待

汐月 哲夫\*・山口 高司\*\*・前 匡 鴻\*\*\*・  
永原 正章\*\*\*\*

\* 東京電機大学未来科学部ロボット・メカトロニクス学科 東京都足立区千住旭町 5 番  
\*\* 株式会社リコー 神奈川県海老名市泉 2-7-1  
\*\*\* 東京大学大学院工学系研究科 東京都文京区本郷 7-3-1  
\*\*\*\* 広島大学大学院先進理工系科学研究科 広島県東広島市鏡山 1-4-1  
\* Department of Robotics and Mechatronics, Tokyo Denki University, 5 Senju Asahi-cho, Adachi-ku, Tokyo, Japan  
\*\* Management of Technology Center, RICOH Company Ltd., 2-7-1 Izumi, Ebina, Kanagawa, Japan  
\*\*\* Graduate School of Engineering, The University of Tokyo, 7-3-1 Hongo, Bunkyo-ku, Tokyo, Japan  
\*\*\*\* Graduate School of Advanced Science and Engineering, Hiroshima University, 1-4-1 Kagamiyama, Higashihiroshima, Hiroshima, Japan

\* E-mail: shiotsuki@mail.dendai.ac.jp  
\*\* E-mail: takashi.yt2.yamaguchi@jp.ricoh.com  
\*\*\* E-mail: mae@enesys.t.u-tokyo.ac.jp  
\*\*\*\* E-mail: nagahara@ieee.org

キーワード：オーケストラ (Orchestra), アナロジー (analogy), 音楽 (music), プロジェクトマネジメント (project management).  
JL 0007/24/6307-0421 ©2024 SICE

## 1. はじめに

学会の開会式や閉会式に余興はつきものであるが、横浜で開催された 2023 年 IFAC World Congress ではこれまでにない試みがなされた。大会参加者 33 名からなる IFAC Control Orchestra が 3 曲のライブ演奏を披露したのである。国立大ホールに集まった学会参加者は研究仲間の奏でる演奏を驚きと親しみをもって迎え、感動のうちにこのステージは成功裏に終わった (図 1)。

最先端技術の学術的議論を交わす自動制御の国際会議において、なぜ参加者によるオーケストラ演奏を企画したのか。そこには、さまざまな思いがあったのである。ここでは、その意義と期待される効果について企画運営や演奏に関わった著者らの思いを活字にする。キーワードは「制御と音楽のアナロジー」である。

## 2. 開催までの経緯

### 2.1 IFAC Control Orchestra のはじまり

IFAC Control Orchestra のアイデアは、元 IFAC 会長であるフランク・アルゲヴァー氏 (ドイツ) の提案で始まった。氏の意思を受けて、ジュリアン・バーベリッヒ氏 (シュトゥットガルト大学: ギター) とヨヘン・リーバー氏 (現 DHBW Ravensburg, 当時は Airbus 社, 編曲と指揮) は前回の IFAC World Congress 2020 ドイツ大会での制御コミュニティによるオーケストラ演奏を実現すべく、2 年の歳月をかけて準備し、17 名の参加者による学会式典でのライブ演奏を計画していた。しかし、コロナ禍により学会はネット上の Virtual 開催となり、オーケストラのライブ演奏は実現困難になった。そこで、彼らは全演奏者に自撮り動画撮影を依頼し、それを編集して配信するという Virtual なオーケストラ演奏を実現した。この企ては好評を博し、2023 年の横浜大会ではライブ演奏を実現することを強く希望した。(詳細は IFAC Newsletter, No.4, August-2020<sup>1)</sup> を参照い

ただきたい)

明けて 2021 年に彼らは 2023 年の大会組織委員会に、Social-event としてライブ演奏の実施を提案し実現を求めた。委員会での協議の結果、山口 (株式会社リコー: オーボエ) と汐月 (東京電機大学: ヴァイオリン) が現地スタッフとしての実務を担当することとなったのである。以下、IFAC-Newsletter の記事<sup>2)</sup> を参考に今回の経緯をお知らせする。

### 2.2 提案から実施まで

計画は前回同様大会の約 18 か月前に参加者を募る最初の呼びかけで始まった。自動制御コミュニティの多くのメンバが興味を示し、最終的には 13 か国からの 33 人の音楽経験者によるグループが形成された。彼らは出身国が多様なだけでなく、演奏する楽器もさまざまで、弦楽器から木管楽器や金管楽器のようなクラシック音楽から、ピアノ、ドラム、ギターなどポップスまで幅広いジャンルに渡っていた。ヨヘン・リーバー氏は、この変則的なメンバ構成のオーケストラに 3 曲を選曲し、編曲



図 1 IFAC Control Orchestra の演奏のようす: 2023 年 7 月 14 日の閉会式にて 13 か国 33 名の演奏者による生演奏がパシフィコ横浜国立大ホールにて披露された



図 2 練習風景：金曜日の閉会式に向けて，大会期間中の Technical session 終了後に 2 回のリハーサルが楽しくも精力的に行われた

して，大会の約 6 週間前には楽譜を楽団員に配布した。同時に，日本チームは，ドラムやキーボードなど大型楽器や楽器の持参が困難な楽団員の楽器をレンタルにて提供した。

大会期間中の月曜日と水曜日の Technical Session 終了後に 90 分のリハーサルを 2 回行ったが，楽団員の献身的な姿勢と実現に向けてのエネルギーがすぐに感じられた。初対面にもかかわらずすぐに溶け込む調和力と高い技術に支えられた音楽の水準のおかげでリハーサルは円滑に進んだ(図 2)。

2023 年 7 月 14 日金曜日，閉会式のステージで約 2000 人の観客を前に，3 曲が演奏された。ノルウェーの作曲家ロルフ・ロブランドによる祝祭的なバラード「You Raise Me Up」，カナダの歌手ザ・ウィークエンドによるアップテンポのモダンポップソング「Blinding Lights」，そしてアメリカのバンドジャーニーによるよく知られたロッククラシック「Don't Stop Believin'」であった。楽団は情熱とエネルギーをもって初めての生演奏を披露し，観客から熱狂的な拍手を受け，演奏は成功裏に終了した。演奏の詳細や楽団に関するさらなる情報や演奏は，IFAC Control Orchestra のホームページから視聴できる<sup>3)</sup>。

### 2.3 国内スタッフの奮闘

このオーケストラにメンバとして参加した国内のスタッフは著者 4 名(永原(広島大学：ギター)，前(東京大学：コントラバス))のほかに岸田昌子氏(国立情報学研究所：ピアノ，キーボード)を加えた 5 名である。残念ながら山口と岸田氏は諸事情により閉会式での演奏に参加できなかったが，準備段階では連携してことにあたった。作業は初体験の連続であったが，楽しんでことにあたった。

初体験の第一は，趣味と仕事の融合である。音楽はあくまでも個人的な営みであり，学会や研究活動という社

会に対して使命感をもって行う仕事とは一線を画していた。これらを区別していた著者にとっては，この 2 つの営みが合体することはこれまでに経験をしたことのない新鮮な緊張であった。

二つ目の初体験は，変則的な楽器編成である。古典的なオーケストラは弦楽器，管楽器，打楽器を基本に構成される。このようなクラシックスタイルのオーケストラを想定していた著者らにとって，エレキギター 4 本，キーボード 3 台，ドラム 1 セットを含むポップス系の楽器との協奏は想定外であった。このような多様性に富んだ楽器編成にもかかわらず，選曲と編曲を担当したリーバー氏の音楽をまとめる手腕はみごとであった。

このような初体験の連続ではあったが，成功裏に終わったことは幸いである。しかし，なぜここまでして制御工学の国際会議でオーケストラ演奏をしようとしたのであろうか。それは，オーケストラと制御工学には共通するなにかがあるからである。

## 3. オーケストラと制御工学

IFAC という制御工学のコミュニティでなぜ(変則的ではあるが)オーケストラが編成できたのか？ IFAC がこの Control-Orchestra を常設しようとしているのはほんと？ 次回の韓国大会でもまたオーケストラ演奏はあるの？ こんな話題の陰には，オーケストラと制御工学にある種の共通点を感じ，相乗効果をもたらすという期待があるからではないだろうか。その共通点とは表面的で形式的な喩え話ではなく，オーケストラと制御工学の本質的なアナロジーではないだろうか。ここでは音楽仲間間で時折話題になるオーケストラあるある話を紹介する。

### 3.1 時間軸と周波数軸上のふるまい

音楽と制御工学の共通点の第一として，時間軸上の振る舞いをあつかっていることと，それを表現する世界共通の言葉をもっていることが挙げられる。

作曲者の脳内に生じた音楽的アイデアはまず楽譜で記述される。平行な 5 本の横線に小節線を加え，指定する長さの音符を適切な音程の位置に並べることによりイメージしたリズムとメロディが可視化される。さらに強弱や表情などが書き込まれ，音符を縦に重ねることにより和音による響きの遷移となり，作曲者のイメージの記述はより詳細化される。演奏者はこの楽譜を読み取り，音に変換して作曲者の音楽的アイデアを聴衆に伝える。この一連の活動のなかに制御工学との共通点を見出すことができる。

第一の共通点はいずれも時間軸と周波数軸を扱っていることである。制御工学的要求は安定性やロバスト性，目標軌道追従性など時間軸上の振る舞いであり，解析や設計仕様には周波数特性を多用する。空間や材料など時間軸をあまり意識しない工学分野と，リアルタイム性や



ダイナミクスを意識する研究分野の違いを感じるころである。

第二の共通点は、音楽には楽典、制御工学には数学という世界共通の言葉があり、国境を越えて一瞬でつながることである。楽典とは記譜法や演奏法をまとめた「楽譜の文法」であり、今回のように数回のリハーサルで初対面のメンバが合奏できるのはその文法規則の普遍性のおかげである。これは数学を使って工学的アイデアの情報交換が World Congress のような国際会議で実現できることと共通するところである。共通の言葉をもつことは重要である。

### 3.2 物理と数学

前節は音楽と制御工学との共通点を考えたが、音楽演奏に限定してみると、またさまざまな共通点を感じる。それは音楽も制御工学も物理と数学が密接に関与していることである。

管楽器や弦楽器など多くの楽器は、広帯域の周波数成分を含む発音機構と特定の周波数成分を取り出すフィルタあるいは共鳴機構で説明できる。管楽器の発音はカルマン渦やベンチュリ効果など流体力学現象であり、フィルタ効果は音速と管の長さでほぼ決まる。弦楽器は弓と弦の摩擦で発音し、弦の長さ共鳴箱でそのフィルタ効果が実現される。共鳴現象による定在波には倍音とよばれる複数の高調波が含まれ、その重ね合わせの重みが音色となる。ハモるという現象は周波数が2対3や3対4となる状態を意味し、それぞれ完全5度、4度とよばれる。このように、音楽の素材である音は物理現象であり、物理のことばで表現できる。プロの音楽家や楽器職人はこれらを経験的に理解して、演奏方法の工夫や理想の楽器づくりに取り組んでいる。

また、ヴァイオリンなどの弦楽器の動的システムとしての面白さは格別である。弦楽器には指で弦をはじく奏法（ピチカート）と弓で擦る奏法（アルコ）があるが、これは制御工学で必ず学修する動的システムのインパルス応答と畳み込み積分に対応づけることができる。また、入力信号は弓の上下運動の速度、押しつけ圧力、駒と弓の距離の3入力の基本であり、これを操ることにより音の大きさと高調波成分の分布を限定的に変化させることができる。そして望ましい音色を実現する。音程についてもフレットのない指板でなぜ正確な音程をとれるのかよく質問されるが、これは聴覚と腕や指を使ったフィードバック機構が機能しているにほかならない。その際の制御器は演奏者つまり人間だが、制御則は学習（反復練習）により獲得する。などなど、動的システムとしての楽器を語り始めたらきりがなく、奥が深いのである<sup>4)</sup>。

### 3.3 プロジェクトマネジメントとしてのオーケストラ

経済分野ではオーケストラ・モデルという言葉があるが、理想的な組織形態やプロジェクトマネジメント手法のひとつという意味で使用されているらしい<sup>5)</sup>。また、

コンピュータ分野では最近オーケストレーションということばを聞くことがあるが、複雑化する情報システムの配備、設置、運用を自動化する技術という意味らしい。このようにオーケストラという単語はある種の問題解決の手法の意味で使用されている。ここではその具体的な内容、制御工学との関わりについて述べる。

オーケストラ活動の主軸である演奏会は、選曲、演奏日、会場、メンバなどを確定し、練習計画立案から始まるが、ここではこれらが確定した後の演奏会までのメンバの活動に着目する。文字どおりオーケストラとは個性豊かな演奏家の集団である。独立性の高い個々の演奏者には、作曲者のイメージした音楽的アイデアを音として具現化し、聴衆に伝え感動を与えるというプロジェクトの遂行が求められる。成功の秘訣はいくつかある。

まず第1はメンバによる完成イメージの共有と個々の使命の明確化である。前に楽譜について述べたが、楽譜には総譜（スコア）とパート譜（シート）とがある。総譜とはすべてのパートの演奏すべき音が記された楽譜であり、完成イメージである。これに対して、メンバが演奏すべき部分を抜き出した楽譜がパート譜である。演奏者はパート譜だけで自分の使命を果たすことは可能であるが、総譜にも目を通し、音源を聞いて完成イメージを共有し、プロジェクトにおける自分の役割と他者との関係も理解することが求められている。

第2のポイントは組織の階層とその役割の普遍性である。オーケストラには個人、パート（同一楽器集団）、弦管打楽器、オーケストラ全体という階層構造があり、おのおのの階層において繰り返し練習という学習作業と演奏評価という単体テストが行われる。最上位層では指揮者によって演奏がひとつにまとめられ、そこで発見された課題は下位層にもち帰ってパートごと、あるいは個人練習でいわゆる改善作業が行われる。この階層構造と改善作業の枠組みはクラシック音楽においては国境も時代も越えてほぼ普遍的である。だから、今回のような初対面でのライブ演奏が可能なのである。

第3のポイントは個性豊かな音楽家集団をまとめる指揮者の役割である。指揮者は演奏のテンポや曲想を決め、指揮棒を巧みに使ってオーケストラがひとつにまとまるように演奏者を制御する。このため聴衆の多くは指揮者は独裁者のように集団を完全支配していると考えているようだ。しかし、指揮者は controller ではなく conductor なのである。オーケストラで演奏される交響曲などは一般に各楽器が複雑に絡み合っている。演奏者は互いに他のパートの発する音を聞きながら自律的に自身の演奏に集中する。これがアンサンブルである。指揮者はそれを見聞きながら曲のはじまりや曲想の変化するポイントなどで全体やパートに指示を出す。時として演奏者に流れを任せたりすることもある。曲によっては指揮者がいなくても演奏者のアンサンブルで演奏できる

こともある。指揮者は数あるオーケストラのパートのひとつなのである。

ここでは3つの観点からプロジェクトマネジメントとしてのオーケストラの事例を説明したが、工学との共通点を垣間見ることができる。第1の完成イメージの共有と個々の使命の明確化は工学に限らず、どのような組織でもあてはまるであろう。第2の階層構造は生産プロセスのV字モデルそのものである。The Practice of Managementの著者として知られているPeter F. Druckerも同様の組織の階層構造を説いているが、彼はウィーンの裕福な家庭で生まれており、幼少期に街中でオーケストラの練習風景を目にしていたかもしれない<sup>6)</sup>。第3の視点である指揮者の役割は、マルチエージェントシステムを考える上でひとつのヒントになるかもしれない。あるいは、制御工学という多様性に富んだ学会のあるべき姿を考えるのは大袈裟であろうか。

#### 4. おわりに

IFAC Control Orchestraの誕生の経緯と横浜でのWorld Congress 2023での現地スタッフの奮闘について記した。また、この機会に制御工学と音楽あるいは学会活動とオーケストラとの関わりについて日頃から考えていたアナロジーを文章にしてみた。また、このWorld Congressのテーマのひとつである「和」はまさにハーモニーであり、IFAC Control Orchestraの演奏はそれを体現するイベントであったと言える。

さまざまな思いが去来し、まとまりのない文章となってしまったが、この前代未聞の試みが単なる思いつきではなく、多様性をもたらす創発的活動のひとつとして制御コミュニティに認知され、IFACの名物イベントとして続くことを願うところである。

(2024年3月31日受付)

#### 参考文献

- 1) IFAC Newsletter No.4, Aug. 2020 / No.4, Aug. 2023: [http://www.ifac-control.org/publications/newsletter\\_archives](http://www.ifac-control.org/publications/newsletter_archives)
- 2) IFAC2020: <https://ifac2020.org/program/social-events/>
- 3) IFAC Control Orchestra: <https://www.ifac-control.org/about/ifac-control-orchestra>
- 4) N. H. Fletcher, T. D. Rossing: The Physics of Musical Instruments, Springer (1998), 岸, 久保田, 吉川訳, 楽器の物理学, 丸善出版 (2012)
- 5) C. Gansch: Vom Solo zur Sinfonie: Was Unternehmen von Orchestern lernen koennen, Campus Verlag GmbH (2014), シドラ房子訳, クリスティアン・ガンシュ: オーケストラ・モデ

ル, 多様な個性から組織の調和を創るマネジメント, 阪急コミュニケーションズ (2014)

- 6) 山岸 淳子: ドラッカーとオーケストラの組織論, PHP 新書 (2013)

#### [著者紹介]

しお つき てつ お 夕 月 哲 夫 君 (正会員)



1983年東京工業大学大学院理工学研究科制御工学専攻修士課程修了。工学博士。同年熊本大学工学部助手。同大学准教授を経て2008年東京電機大学未来科学部ロボット・メカトロニクス学科教授。現在に至る。計測自動制御学会, IEEE-CS, システム制御情報学会, 情報処理学会などの会員。双方向遠隔操作システム, 組込みシステムなど情報技術と制御理論の融合および線形制御理論の研究に取り組んでいる。計測自動制御学会著述賞。担当楽器はヴァイオリン。

やま ぐち たか し 山 口 高 司 君 (正会員)



1981年東京工業大学大学院精密機械システム専攻修士課程修了。同年(株)日立製作所入社。1986-1987年カリフォルニア大学バークレー校客員研究員。2003年日立グローバルストレージテクノロジーズ。2008年(株)リコー入社。基盤技術研究センター所長, 先端技術研究センター所長・技師長を歴任し, 現在はリコー契約社員。メカトロニクス制御技術の研究開発に従事。計測自動制御学会技術賞, 著述賞など。博士(工学)。日本機械学会フェロー, 電気学会上級会員。担当楽器はオーボエ。

まえ まさ ひろ 前 匡 鴻 君 (正会員)



2023年3月東京大学大学院工学系研究科電気系工学専攻博士課程修了。博士(工学)。2023年4月より東京大学大学院工学系研究科電気系工学専攻助教(現職)。産業応用におけるメカトロニクスおよびエネルギーシステムの多変数制御とデータ駆動学習に関する研究に従事。電気学会, IEEE, 自動車技術会, エネルギー・資源学会の会員。担当楽器はコントラバス。

なが はら まさ あき 永 原 正 章 君 (正会員)



1998年神戸大学工学部卒業。2000年京都大学大学院情報学研究所修士課程修了。2003年同博士課程修了。博士(情報学)。京都大学助手, 助教, 講師, 北九州市立大学環境技術研究所教授を経て, 現在広島大学大学院先進理工系科学研究科教授。専門分野は制御理論と機械学習。IEEE 制御システム部門より国際賞である Transition to Practice Award (2012年) および George S. Axelby Outstanding Paper Award (2018年) をそれぞれ受賞。担当楽器はエレキギターで, 好きなバンドはAC/DC。