

# パレード行進に関する基礎研究

## Research of the military parade

奥川洋平<sup>1</sup> 久保正男<sup>1</sup>

Yohei Okugawa<sup>1</sup> and Masao Kubo<sup>1</sup>

<sup>1</sup> 防衛大学校 情報工学科

<sup>1</sup>Dep. of Computer Science, National Defense Academy of Japan

**Abstract:** In the military organization, the military parade is important to show their majesty for audience, and the cadets in National Defense Academy of Japan have trainings a lot. However, there was no scientific research about the military parade, and many cadets need to participate in monotonous parade training. In order to establish the effective training for the military parade, we analyzed the military parade from multiple perspectives. In this paper, we introduce our findings of the military parade analysis: Modeling the military parade and Quantitative evaluation for the military parade.

## 1 緒言

軍事組織にとってパレード行進は、部隊の威容を示す大切な行事であり、防衛大学校においても行進訓練が多く実施されている。

パレード行進では、腕振りの角度や歩幅など、様々な統制事項が細かく設定されており、それらの決まりに従うとともに、行進曲のリズム、周囲のメンバーにあわせて行進を行う。

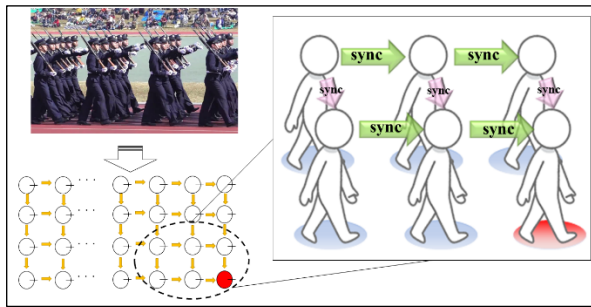


図1：パレード行進の模式図

図1左上写真のようにメンバー全員の手足が同期していると美しいパレード行進とみなされる。パレード行進の同期は簡単なように見えるが、行進全体を美しく揃えるという目標を全体で共有しながらも、図1右図のようにメンバーが相互に影響を及ぼし合っているため、行進全体のずれの修正は難しく、美しく均一に揃えるには多くの訓練が必要である。すなわちパレード行進は、統制事項通りに正しく歩行する技能の他に、周囲の人間との微妙な違いを都度調整をする技能も要求されるため、一見単純ながら複雑な身体技能であるといえる。

しかしながら、現在に至るまで行進に関する身体知の解明はされておらず、多数の参加者を要する単調な訓練を繰り返しているのが実情であり、効果的な訓練システムの開発が望まれている。

このような問題認識を背景に、我々は、効果的なパレード行進の訓練教材作成を最終的な目標に据え、複数の視点から行進の分析を行っている。集団行動の一つであるパレード行進の分析は、個人の技量に注目されがちであった身体知の解明に新しい知見をもたらす可能性があり、パレード行進以外にも有用であると言える。

本論文では、以下の2つの視点からの研究成果を紹介する。

一つ目が、行進シミュレーションモデルの作成である。行進の挙動が再現できるシミュレーションモデルができれば、ズレの状況分析や、ズレの修正プロセスの解明などが期待できる他、VR環境を利用した、個人でもパレード行進訓練可能な教材作成の一助となる。

二つ目が、パレード行進の定量的な計測方法の確立である。現状では行進に対しての定量的な計測方法が確立されておらず、採点者の主観を通じてパレード行進を評価している。効果的で定量的な計測方法が作成できれば、行進の良し悪しの判断基準の解明につながり、効果的な訓練の補助教材となる。

本論文は、我々の研究成果を紹介することを目的に、以下のように構成される。次章では行進シミュレーションモデルの作成についての研究成果を述べる。第3章では定量的な計測方法についての研究成果を、最後にまとめと今後の展望を述べる。

## 2 行進シミュレーションモデル

本章では、行進シミュレーションモデルの研究[2]を紹介する。

蛍の自然発光や、虫や魚の群れ行動などの自然界に見られる同期現象は数多く研究されているが、パレード行進における集団行動の同期とはメカニズムが異なる部分があり、不明な点が多い[1]。

本研究では、モデル化の第一歩として、防衛大学の学生の行進の腕振りの同期について着目し、同期の特徴をシミュレーションモデルを作成して検証した。

ここでは各学生をパラメータが異なる蔵本モデル振動子[3]としてモデル化した。行進は周りのメンバーの周期的な手足の歩行動作に自身のそれを合わせるものであり、モデル化の際には、この周期運動を位相振動子として設定した。さらに各学生が参照する学生に相当する振動子とをリンクでつなぎ、位相振動子のネットワークとして、その振る舞いを、計算機シミュレーションを使用し検証した。

提案モデルを以下に示す。

$$\frac{d\theta_i}{dt} = \omega_i + \frac{K_i}{|N_i|} \sum_{j \in N_i} \sin(\theta_i - \theta_j) \quad (1)$$

ここでは行進時の学生の振舞いが周期的であることに注目し、行進時の腕の振りを、振動子の同期モデルである蔵本モデルを用いて表現した。今学生*i*の規範とする学生の集合を*N<sub>i</sub>*とし、*K<sub>i</sub>*は学生*i*の練度とし、実験では*K<sub>i</sub>* = 2.0とした。

$\omega_i$  は学生*i*の腕の振りの固有振動数で、平均  $2\pi$  (rad)、標準偏差  $0.2\pi$  (rad)に従う乱数で定めた。

$$R = \left| \frac{1}{N} \sum_{j=1}^N e^{i\theta_j} \right| \quad (2)$$

また、学生全体の同期具合 *R* を、蔵本モデルの秩序パラメータを利用して(2)の通り設定した。もしすべての学生の腕の位相が一致していれば *R* = 1 となる。

図2は計算機シミュレーション画面である。ここでは、学生の個性である固有振動数と練度とその隊形内での位置の関係及び、どのような特性をもつ学生を隊のどの位置に配置すると、全体としてどのような振る舞いになるのかという同期の特徴を調査した。もし配置によって隊全体として同期のしやすさに法則性や規則性がみられれば、これを利用して訓練の難易度を設定できる可能性がある。



図2：左:シミュレータ (図上が進行方向) の初期状態. 矢印が規範とする学生を示す. 初期位相は乱数で毎回変更して実施した. *R*=0.261 右:同期状態.*R*=0.965

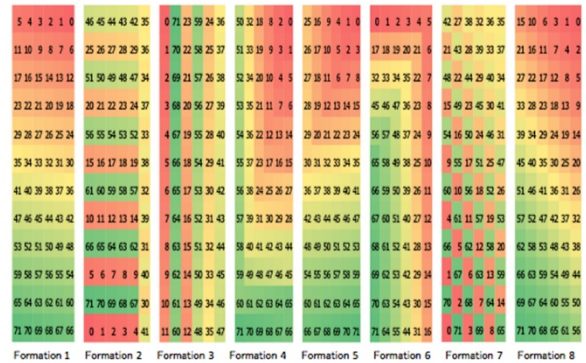


図3：学生の配置方法, 赤い色は固有振動数が低く(身長が高く), 緑色は固有振動数が高い(身長が低い)

図3の計8通りの配置を試した結果、従来の身長順に並ぶ配置 (Formation 1) は同期を得ることが難しいことがわかった, また学生の特性を考慮した配置 (Formation 7) を行えば、練度が低くても同期が得られる場合があることが予想できた。従来の身長順に並ぶ配置 (Formation 1) と学生の特性を考慮し、平均身長順に並ぶ配置 (Formation 7) の同期具合の時間経過の図4を以下に示す。

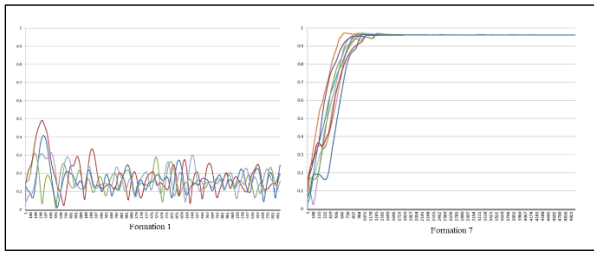


図4：Formation 1とFormation 7の同期度Rの時系列変化。縦軸が同期度，横軸が時間変化を表す。それぞれの図中の線の種類は試行回数。

行進シミュレーションモデルの作成の研究において、行進の腕振りを同期の観点から振動子ネットワークを用いてモデル化し、人員の配置と同期の質を調査した結果、蔵本モデルによるシミュレーションでは、従来の身長順に並ぶ配置よりも高い秩序が得られる配置方法があることがわかった。

### 3 行進の定量的な計測方法

防衛大学校では行進訓練の他にも、小隊(約30人)ごとに、行進の練度を競う競技会が実施されている。競技会の際には採点官がパレード採点基準にのっとり各小隊のパレードの評価を行うが、人数の少ない小隊の方が点数が高い傾向にあることや、参加者の出来の感覚と得点の乖離など、採点方法に疑問を呈す声もある。定量的な行進評価法が確立できれば、採点の公平性や正確性の向上に貢献することができる。本章では姿勢情報を用いた定量的計測法[4]、音情報を用いた定量的計測法[6]について紹介する。

#### 3.1 姿勢情報を用いた定量的計測法

姿勢情報を用いた定量的計測法の研究[4]では、深層学習を用いた姿勢推定技術であるOpenPose[5]を用いて腕振りに着目した行進の定量的な評価法を提案した。



図5：左図: OpenPoseの行進への適用例。右図: OpenPoseによって取得できるボーン情報

図5はOpenPoseによって取得されるボーン情報である。提案手法では、パレード行進において練度の違いが顕著に目立つ腕振りに着目し、行進動画の中の腕の角度をボーン情報から取得した。動画の画

角、OpenPoseの認識精度によって、姿勢情報を取得できる隊員数は変化するため、取得できた人間の腕の角度のフレーム毎の標準偏差を時系列データ(図6)とし、その標準偏差の平均値をそのパレード行進の評価値として採用した。

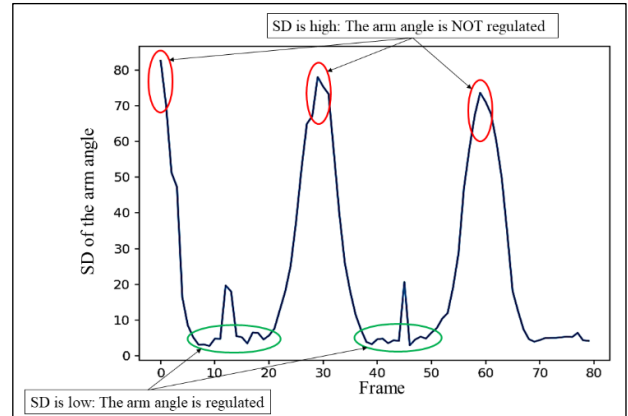


図6：パレード動画の腕角度の標準偏差の推移。

提案手法に基づき算出した評価値が、人間の評価と相関性があるか確かめるため、パレード行進の熟練者である防大生29人に、2つのパレードの練度比較アンケートを計5組実施した。

	Questionnaire (%)		The evaluation value (degree)	
	Platoon A	Platoon B	Platoon A	Platoon B
Set 1	3.4	96.9	35.18	27.05
Set 2	79.3	20.7	24.47	25.33
Set 3	86.2	13.8	28.25	30.43
Set 4	13.8	86.2	28.02	22.01
Set 5	93.1	6.9	22.01	24.70

図7：評価値とアンケート結果の比較

図7で示された通り、アンケート結果と提案手法による評価値とで相関がみられたことから、提案手法は2個小隊の練度比較において、有効な計測法であると確認できた。

#### 3.2 音情報を用いた定量的計測法

姿勢情報を用いた計測法[6]において、画面に映らない人間の計測ができないという問題点を解決するため、パレード行進の音情報に着目した研究を実施した[6]。音情報は足音の他にも、敬礼などの掛け声等、パレード行進の威容に関する様々な情報を含んでいる。

本研究では、足音のばらつき具合に着目した。パレード行進中の足音をパレード行進がもつテンポと考える。足音がばらついている、同期していないパレード行進の場合は、テンポ解析した際に推定値が低く、逆に足音が一定で、テンポにゆらぎがなく齊一に同期しているパレード行進ではテンポ解析結果の推定値が高いことが予想される。



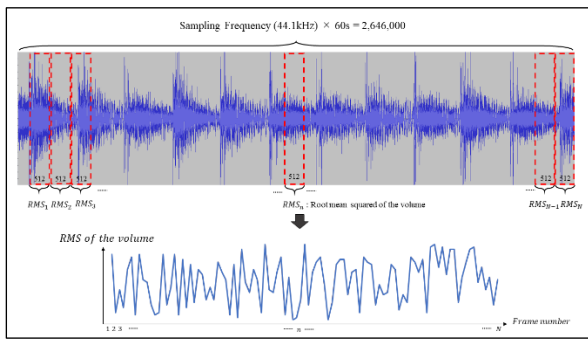


図 8 : テンポ解析の概要図

図 8 にテンポ解析の概要図を表す. 音データを適切なフレーム長に分割し, フレーム内での音量を計算する. さらにフレーム間の音量増加量を計算し, 音量増加量を周波数解析した後, ピーク周波数をその音データのテンポに変換した.

提案手法の検証を行うため実験を行った. 屋外の環境下で 4 人の被験者にテンポ 120 のメトロノームに合わせて 3 パターンの行進を実施してもらった. 一つ目はメトロノームに合わせての行進, 二つ目は 4 人中 1 人だけメトロノームから意識的にずらし, 残りの被験者はメトロノームに合わせた行進, そして三つ目は 4 人ともメトロノームとは関係ないバラバラの行進である. なお, 行進中の指標にしたメトロノーム音の影響を除くため, メトロノーム音に当たる周波数をそれぞれの音データから除いている.

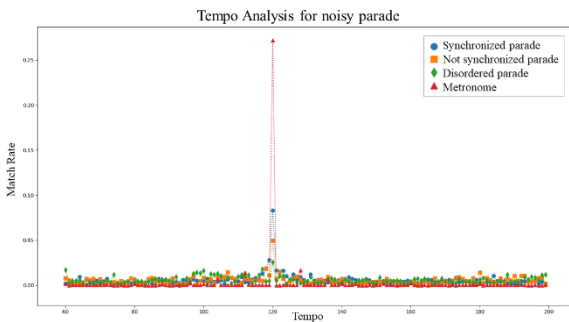


図 9 : 行進の足音のテンポ分析実験結果

図 9 に実験結果を示す. 3 パターンの行進音のテンポ分析結果のほか, メトロノーム音だけのテンポ分析結果も記載している. 図 9 より, 全体の同期度が高い行進の方がよりテンポ 120 の推定値が高いという結果になったことから, 提案手法はパレード行進の定量的な評価に有効であると示唆が得られた.

実験の被験者は 4 人であるため, 実際に行われているパレード行進とは大きくことなる. 今後は実際のパレード行進で足音の分析を実施するとともに, 姿勢情報を用いた定量的計測法の研究にて用いたようなアンケート評価を利用して, 実際のパレード行進での評価にも有効であるか検証していく.

## 4 結言

本論文では, 2つの視点から, パレード行進に関する研究成果を紹介した.

行進シミュレーションモデルの研究においては, 行進を同期の観点から振動子ネットワークを用いてモデル化し, 人員の配置と同期の質を調査した結果, 従来の身長順に並ぶ配置よりも高い秩序が得られる配置方法があることが示唆された.

また, 定量的な計測法の研究については, 姿勢情報を用いた行進計測法, 音情報を用いた行進計測法を提案し, その有効性を実験結果とともに提示した.

今後は複数の視点からの研究結果を踏まえ, 効果的なパレード行進の訓練教材の作成に尽力したい.

## 参考文献

- [1] Steven Strogatz, 蔵本 由紀, 長尾 力, SYNC なぜ自然はシンクロするのか, 早川書房, 2009.
- [2] Yohei Okugawa, Masao Kubo, Takato Shimohagi, Tenta Ishihara, and Hiroshi Sato, Analysis of a Parade with the Kuramoto Model -For Better Performance without Trainings-, Proceedings of IEEE SMC, pp, 4005 – 4010, 2018.
- [3] Kuramoto Yoshiki, H. Araki. Lecture Notes in Physics, International Symposium on Mathematical Problems in Theoretical Physics. 39. Springer-Verlag, New York. p. 420, 1975.
- [4] Yohei Okugawa, Masao Kubo, Hiroshi Sato, and Bui Duc Viet, Evaluation for the Synchronization of the Parade with OpenPose, Proceedings of ICAROB, 2019.
- [5] Z. Cao, T. Simon, S.E. Wei, and Y. Sheikh, Realtime multi-person 2d pose estimation using part affinity fields. Proceedings of the 2017 IEEE Conference on Computer Vision and Pattern Recognition, pp. 7291-7299, 2017.
- [6] Yohei Okugawa, Masao Kubo, Hiroshi Sato, and Shun Sakai, Footstep Analysis for the Military Parade. proceedings of the 23rd Asia Pacific Symposium on Intelligent and Evolutionary Systems, 2019.