

Azure Kinect を複数同時に使用した場合の同期のずれについて

高 梨 泰 彦*
松 本 日 向*

要 旨

近年、安価で手軽に使用できるマーカレスモーションキャプチャ装置として Kinect が利用されるようになってきた。本研究はその後継機種である Azure Kinect を同時に 2 台使用した場合の、同期のずれを評価することを目的とした。2 台の Azure Kinect を並列に設置、ジャンプ動作とスクリーン動作をそれぞれ 11 回実施し、各試行ごとに同期のずれを測定した。同期のずれの評価方法は、ジャンプ動作の場合は 2 台の Azure Kinect から測定される最高到達点でのタイムのずれを、またスクリーン動作の場合は Azure Kinect それぞれの検出分解能から算出されたずれを、それぞれ利用した。その結果、ジャンプ動作では 0.0446 秒 (1.35 コマ)、スクリーン動作では 0.0525 秒 (1.59 コマ) のずれが検出できた。以上のことから Azure Kinect を同時に 2 台使用した場合、約 0.05 秒の同期のずれが確認された。このずれの大きさは歩行動作などのゆっくりとした日常動作では、測定・評価に支障はないと考えられるが、スピードの大きな動作では、座標データに大きなずれを生じさせることになり、スポーツの動作計測には不適であることが分かった。

キーワード：Azure Kinect，同期のずれ，動作解析

1. はじめに

バイオメカニクス、特にスポーツ動作解析分野では、モーションキャプチャシステムは必須の技術であり、これまでさまざまなシステムが開発されてきた。代表的なモーションキャプチャシステムとして以下のようなものが挙げられる。

①光学式モーションキャプチャシステム：カメラやセンサーを使用し、被験者に取り付けられた反射マーカールの位置を高速で追尾・キャプチャし、そのデータを解析するタイプ。マーカールの配置や数によって精度が変わるが、一般的には高精度でありかつ高価である。

②慣性計測装置 (IMU) を利用したモーションキャプチャシステム：被験者に取り付けるセンサーに加速度計やジャイロ스코ープを使用。このシステムはマーカール貼付を必要とせず、測定場所やユーザー

* 京都産業大学健康スポーツ社会学科

の動きの自由度が大きくなるといった利点があり、かつリアルタイムでの追跡やモバイルでの使用に適している。一方で精度はやや劣る。

③レーザースキャンを利用したモーションキャプチャシステム：レーザー光を対象物に照射し、センサーがその反射光を検出し測定するシステム。非常に高精度であり、骨格検出ソフトを使用することでマーカー貼付の必要がなくなり、被験者に制約がなく、かつ広範囲の測定が可能である。しかし専用のハードウェアが必要であり、非常に高価である。

以上のような代表的なモーションキャプチャシステムの他に、技術進歩によって深度センサーやAIを活用した新しいモーションキャプチャシステムが開発されている。

近年、マイクロソフト社の Kinect を利用したモーションキャプチャシステムが実用化された。このシステムは、深度センサー、RGB カメラ、マルチアレイマイクなどのセンサーから成っており、深度センサーが周囲の物体や人物の距離を測定し、RGB カメラが色情報をキャプチャする。さらに、Kinect のソフトウェアによって、人物の骨格推定が実現され、動きをリアルタイムで検出することができる。上述の①～③のシステムに比べると、低コストで手軽に利用できるため、単純動作の解析 (Tanaka 他, 2019a, Tanaka 他, 2019b), リハビリテーション分野 (Asaeda 他, 2018) や歩行解析 (Tanaka 他, 2018b, Tanaka 他, 2022, Matsumoto 他, 2022) など、さまざまな分野で活用されている。しかし、Kinect を利用したシステムは、Kinect を 1 台のみでしか使用できず、そのため測定精度がやや低く撮影ボリュームも狭いという欠点があった (Tanaka 他, 2018a, 三浦他, 2019, Tamura 他, 2020)。また、撮影速度が 30fps であり、高速な撮影速度が要求されるようなスポーツ動作には不向きである。

最近、マイクロソフトは Kinect の後継機種として Azure Kinect を発売した。Kinect は単独でしか使用できなかったが、Azure Kinect はスペック上、複数台を接続して同時に撮影することが可能である。そのため、従来の Kinect の測定精度や撮影ボリュームの欠点を改善できる可能性がある。しかし、複数の Azure Kinect を一台のコンピュータに接続し、モーションキャプチャシステムとして同時に計測するためには、それぞれの Azure Kinect の同期と、座標系の変換 (実験室内のグローバル座標系など) など、いくつかのハードルを克服する必要がある。

本研究では、複数の Azure Kinect を用いた新たなモーションキャプチャシステム構築のための第一段階として、Azure Kinect を複数台使用した場合のモーションキャプチャデータにおける撮影のずれを評価することを目的とした。

2. 方法

1) Azure Kinect の設置

実験は、京都産業大学総合体育館の SportsLab2 で行った。2 台の Azure Kinect を実験室内に並列に設置し (図 1, 図 2), それぞれを同一の計測用ノートパソコンに接続した。この際 2 台で同一の被写体を測定するため、それぞれの Azure Kinect はできるだけ接近させ、さらに三脚の高さや撮影

方向を、目測でできるだけ一致させた。

2) 撮影

2 台の Azure Kinect はどちらも同一のノートパソコンに接続されているため、撮影開始は Azure Kinect をコントロールするアプリケーション上で、ワンクリックで同時にスタートさせることができる(本研究はこの「同時」がどれほど「ずれるか」を検討するために実施している)。なお撮影のフレームレートは 30fps であり、このスピードはハード上で固定されている。

同期のずれを検証するために、以下の二つの動作を 2 台同時に使用して撮影し検証を行った。

a) ジャンプ動作

被験者に垂直跳びを実施させ、2 台の Azure Kinect で撮影した。垂直跳びは 11 回実施した。

b) スクリーン動作

本研究では以下の動作を「スクリーン動作」と定義する。一端に剣道の竹刀を巻き付けた白色のシート(スクリーン)を準備し(図 3)、2 台の Azure Kinect から 3m ほど離れたところで、両手で竹刀を把持し、頭上で支持することによってスクリーンで全身を隠す。その後、合図とともに竹刀を離し、スクリーンを落下させる。この時 2 台の Azure Kinect はあらかじめ撮影をスタートさせておく。Azure Kinect から見ると、身体は頭部から順次見え始め、最後に足部が検出される。以上のようなスクリーン動作を 11 回実施した。

3) ずれの評価

Azure Kinect では、撮影によって 30 か所以上の関節中心等のランドマークが検出される。検出された座標データは 3 次元座標として CSV ファイルに出力される。なお各装置の座標原点は、各装置自身のカメラ位置が原点として設定されているので、それぞれから出力される 3 次元座標は異なっている。以下、各動作によるずれの評価方法について述べる。



図 1 並列に設置した Azure Kinect



図 2 撮影風景

a) ジャンプ動作

Azure Kinect から出力される CSV ファイルの中から、Pelvis (骨盤中心)、Ankle (くるぶし、左右)、Foot (つま先、左右) の 5 点について、その最高点の座標が得られた時点のタイムスタンプ (撮影開始後何コマ目か) を記録し、それぞれのタイムスタンプのずれ (コマ数) を比較する。各試行で 5 つのタイムスタンプのずれ (Pelvis (骨盤中心)、Ankle (くるぶし、左右)、Foot (つま先、左右)) が記録されるが、例えば、ある試行における最高点のタイムスタンプのずれが、Pelvis (骨盤) では 3 コマ、AnkleL では 2 コマ、AnkleR では 3 コマ、FootL では 3 コマ、FootR では 2 コマであれば、これを平均し、この試行の同期のずれは 2.6 コマであると記録する。フレームレートが 30fps であることを考慮すると、ずれは約 0.0858 秒となる。なおカメラ 1 に対してカ

メラ 2 のずれは、プラスになったりマイナスになったりする。本研究ではずれの大きさを評価することが目的であるため、ずれの大きさの絶対値を記録し、評価に使用する (以下のスクリーン動作も同様)。

b) スクリーン動作

スクリーン動作を実施した場合、Azure Kinect から出力される CSV ファイルは、時系列に従って、頭部から頸部、体幹、下肢の順に 3 次元座標が検出される。この一連の検出の流れは、もし同期のずれがあった場合、それぞれのカメラで検出の一連の流れが規則正しくずれることになる。これを利用して、それぞれの Azure Kinect から出力される、頭部、頸部、体幹部、下肢のいくつかの代表的なランドマークが検出された 3 次元座標データのタイムスタンプ (撮影開始から何コマ目で検出されたか) を比較し、同期のずれを評価する。例えば、ある試行におけるずれが、Nose (鼻) 2 コマ、Neck (首) 2 コマ、Spine_Chest (胸部) 1 コマ、Spine_Naval (腹部) 1 コマ、Pelvis (骨盤中心) 1 コマ、KneeR (右膝) 2 コマ、AnkleR (右くるぶし) 2 コマ、FootR (右つま先) 2 コマであれば、これを平均し、この試行の同期のずれは 1.6 コマであると記録する。フレームレートが 30fps であることを考慮すると、同期のずれは約 0.0528 秒となる。



図3 スクリーン動作のシート (上部に竹刀が巻かれている)

3. 結果と考察

ジャンプ動作による同期のずれの評価結果を表 1 に示す。11 回の測定による同期のずれの平均は、1.35 コマであり、時間にすると約 0.0446 秒だった。また、スクリーン動作による同期のずれの評価

表1 ジャンプ動作における Camera 1 と 2 の同期のずれ (単位: コマ数)

回数	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	平均
差	3.6	1.9	0.4	0.9	0.4	2.4	0.6	1.2	1.2	0.2	2.1	1.35

表2 スクリーン動作における Camera 1 と 2 の同期のずれ (単位: コマ数)

回数	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	平均
差	5.63	1.63	1.13	1.63	1.13	0.38	0.38	0.88	1.13	2.75	0.88	1.59

結果を表2に示す。11回の測定による同期のずれの平均は、1.59コマであり、時間にすると約0.0525秒だった。

以上のことから、Azure Kinectを同一の計測用パソコンにつなぎ、ソフト上でワンクリックすることによってスタートさせた場合、1～2コマの同期のずれが生じており、時間に直すと0.05秒前後のずれが生じていることが分かった。

歩行動作の場合、一般的にケイデンス(1分当たりの歩数)は100～120とされており(江原他2002), 1歩行サイクルは1秒程度と推測できる。このことから、Azure Kinectを複数台使用した場合、各カメラが0.05秒ずれることは、歩行動作1サイクルの中で約0.05%のずれを生じる計算になる。歩行のようなゆっくりとした動作の場合には、この1%以下の誤差はそれほど大きくはなく、精密な動作解析を要求しないのであれば、測定に大きな影響が出るとは考えられない。

しかしながら、動作スピードの大きなスポーツ動作の場合、例えばバレーボールのスパイクスイングなどは27m/sにもなると報告されており(増村他2007), 被験者のアームスイングを2台のAzure Kinectによって同時に測定・撮影した場合、0.05秒間の同期のずれの間に、例えば手首の3次元座標は1.35m($27\text{m/s} \times 0.05\text{s}$)もずれる計算になるので、両者の座標は大きく異なってしまう。したがって複数台のAzure Kinectを使用しても、それぞれのデータを利用し精度を向上させることは事実上不可能であると結論できる。

以上のことから、Azure Kinectを複数台使用した場合には、同期のずれは0.05秒前後であり、このずれの大きさは歩行動作を始めとした日常動作の場合には大きな影響はないと推測できるが、スピードの大きなスポーツ動作の場合には、Azure Kinectを複数台使用することは実用的には無理があり、何らかの同期のシステムが必要になると考えられる。

4. 今後の展望

本研究は、安価で手軽に利用できるマーカレスモーションキャプチャシステムであるKinectの後継機種、Azure Kinectを複数台、同時に使用した場合の、同期のずれを評価することであった。本研究の結果、同期のずれは0.05秒前後であると評価された。このことからゆっくりとした日常動作(歩行動作など)の測定には十分使用できるが、スピードの大きなスポーツ動作では難しいと考えられる。

今後は複数台を使用した場合の同期のためのシステムづくり、複数台のカメラの座標系の統一、複数台使用した場合の座標データの精度の検証が必要になる。

5. 謝辞

本研究は、令和4年度京都産業大学総合学術研究所特定課題研究（課題番号 E2208）の助成を受けて行ったものである。また本研究は（株）システムフレンド社および（株）ウォーディッシュ社との共同研究の一環であり、Azure Kinect は（株）システムフレンド社の協力のもと、装置の貸出しを受けて実験を実施した。

引用文献

- 1) Asaeda M, Kuwahara K, Fujita N, Yamasaki T, Validity of motion analysis using the Kinect system to evaluate single leg stance in patients with hip disorders. *Gait & posture*, Vol.62, pp458-462, 2018
- 2) 江原義弘, 山本澄子, ボディダイナミクス入門歩きはじめてと歩行の分析. 医歯薬出版社, 2002
- 3) Matsumoto H, Shiraishi M, Higashi A, Hino S, Kaburagi M, Mizukami H, Maki F, Yamauchi J, Tanabe K, Sato T, Yamano Y, The Forward and Lateral Tilt Angle of the Neck and Trunk Measured by Three-Dimensional Gait and Motion Analysis as a Candidate for a Severity Index in Patients with Parkinson's Disease. *Neurology International*, Vol.14, No.3, pp727-737, 2022
- 4) 増村雅尚, 阿江通良, スイング速度の異なるバレーボール選手のスパイク動作に関する研究：スパイク動作指導におけるポイント. *コーチング学研究*, Vol.20, pp85-97, 2007
- 5) 三沢雅弘, 木澤悟, Kinect による上肢リハビリ装置の動作解析の精度検証. *秋田工業高等専門学校研究紀要*, Vol.54, pp1-7, 2019
- 6) Tamura H, Tanaka R, Kawanishi H, Reliability of a markerless motion capture system to measure the trunk, hip and knee angle during walking on a flatland and a treadmill. *J. Biomechanics*, Vol.109, Article 109929, 2020
- 7) Tanaka R, Takimoto H, Yamasaki T, Higashi A, Validity of time series kinematical data as measured by a markerless motion capture system on a flatland for gait assessment. *J. Biomechanics*, Vol.71, No.11, pp281-285, 2018a
- 8) Tanaka R, Kubota T, Yamasaki T, Higashi A, Validity of the total body center of gravity during gait using a markerless motion capture system, *J. Medical Engineering & Technology*, Vol.42, pp175-181, 2018b
- 9) Tanaka R, Ishii Y, Yamasaki T, Kawanishi H, Measurement of the total body center of gravity during sit-to-stand motion using a markerless motion capture system. *Medical Engineering and Physics*, Vol.66, pp91-95, 2019a
- 10) Tanaka R, Ishikawa Y, Yamasaki T, Diez A, Accuracy of classifying the movement strategy in the functional reach test using a markerless motion capture system. *J. Engineering & Technology*, Vol.43, pp133-138, 2019b
- 11) Tanaka S, Jung H, Yamashina S, Inoue Y, Nakajima N, Tanaka R, Clinical prediction rule for locomotive syndrome in older adults: A decision tree model. *J. Orthopedic Science*, online, 2022

Evaluation of Synchronization Discrepancies when Simultaneously Using Multiple Azure Kinect Devices

Yasuhiko TAKANASHI

Abstract

Kinect has recently become popular as an affordable, accessible, markerless motion-capture system. We aimed to evaluate the synchronization discrepancy when simultaneously using two units of the successor model, Azure Kinect.

Two Azure Kinect devices were placed adjacently to measure synchronization discrepancies in 11 independently performed trials involving jumping and screening movements. The discrepancy in jumping motions was assessed based on the time difference at the highest point of the jump. The discrepancy in screening motions was calculated using the detection resolution of the devices. A synchronization discrepancy of 0.0446 s (1.35 frames) and 0.0525 s (1.59 frames) was identified for the jumping and screening motions, respectively. These findings indicated that the simultaneous use of two units of Azure Kinect resulted in a synchronization discrepancy of approximately 0.05 s. Although this difference is negligible for slow daily movements, such as walking, it can introduce significant deviations in coordinate data for high-speed movements, making the system unsuitable for measuring sport-related motion.

Keywords : Azure Kinect, synchronization discrepancy, motion analysis

