慶應義塾大学学術情報リポジトリ
Keio Associated Repository of Academic resouces

Title	LiDARを用いたプライバシーと死角に重点を置いた見守りセンシングシステムの構築
Sub Title	LiDAR based sensing system focused on privacy preserving and occlusions
Author	吉岡, 健太郎(Yoshioka, Kentaro) 中原, 龍一(Nakahara, Ryuichi)
Publisher	
Publication year	2023
Jtitle	科学研究費補助金研究成果報告書 (2022.)
JaLC DOI	
Abstract	本研究では、高齢者介護に必要な見守りシステムの開発を目指し、プライバシーを保持しつつ、精度の高い3Dデータ取得を可能にするLiDARセンシングの基盤技術を探求した。まず9種類のLiDARセンサの誤差特性を評価し、それぞれの性能を明らかにした。次に、3Dセンサを活用して関節角度計測を自動化し、高精度な人体計測が可能であることを実証した。これらの研究成果をもとに、要求される誤差精度を反映した最適なLiDARセンサの選択や、アプリケーションの最適な構築方法を提案できるようになった。 This study aimed to develop the fundamental technology of LiDAR sensing for use in the monitoring system necessary for elderly care, which could allow for the preservation of privacy and the acquisition of high-accuracy 3D data. Firstly, we evaluated the error characteristics of nine types of LiDAR sensors, clarifying their individual performances. Next, we automated joint angle measurement using a 3D sensor, demonstrating that high-precision human body measurement is possible. Based on these research results, we are now able to propose optimal selection of LiDAR sensors reflecting the required error accuracy and the optimal construction method for applications. Furthermore, we plan to utilize these research achievements to enhance the reliability and efficiency of human body measurement in medical and sports fields and to pursue new potential applications.
Notes	研究種目：研究活動スタート支援 研究期間：2021～2022 課題番号：21K20413 研究分野：センシング
Genre	Research Paper
URL	https://koara.lib.keio.ac.jp/xoonips/modules/xoonips/detail.php?koara_id=KAKEN_21K20413seika

慶應義塾大学学術情報リポジトリ(KOARA)に掲載されているコンテンツの著作権は、それぞれの著作者、学会または出版社/発行者に帰属し、その権利は著作権法によって保護されています。引用にあたっては、著作権法を遵守してご利用ください。

The copyrights of content available on the KeiO Associated Repository of Academic resources (KOARA) belong to the respective authors, academic societies, or publishers/issuers, and these rights are protected by the Japanese Copyright Act. When quoting the content, please follow the Japanese copyright act.

様　式　Ｃ－１９、Ｆ－１９－１、Ｚ－１９　（共通）

科学研究費助成事業　　研究成果報告書

令和　５ 年　 ６ 月　 ２ 日現在

機関番号：３２６１２
研究種目：研究活動スタート支援
研究期間：2021～2022
課題番号：２１Ｋ２０４１３

研究課題名（和文）LiDARを用いたプライバシーと死角に重点を置いた見守りセンシングシステムの構築

研究課題名（英文）LiDAR based Sensing System Focused on Privacy Preserving and Occlusions

研究代表者
吉岡　健太郎（Yoshioka, Kentaro）

慶應義塾大学・理工学部（矢上）・講師

研究者番号：２０９１０５６６

交付決定額（研究期間全体）：（直接経費）　　2,400,000円

研究成果の概要（和文）：本研究では、高齢者介護に必要な見守りシステムの開発を目指し、プライバシーを保持しつつ、精度の高い3Dデータ取得を可能にするLiDARセンシングの基盤技術を探求した。まず9種類のLiDARセンサの誤差特性を評価し、それぞれの性能を明らかにした。次に、3Dセンサを活用して関節角度計測を自動化し、高精度な人体計測が可能であることを実証した。これらの研究成果をもとに、要求される誤差精度を反映した最適なLiDARセンサの選択や、アプリケーションの最適な構築方法を提案できるようになった。

研究成果の学術的意義や社会的意義
本研究は、高齢者のケアにおける重要な課題である監視システムの開発に対する新たなアプローチを提供している。これは、LiDARセンシング技術を用いて高精度な3Dデータ取得とプライバシー保護を両立する手法を探求するという学術的意義がある。また、社会的な意義としては、この研究成果が実際に介護現場で活用されると、介護者の負担軽減に繋がり、高齢者の生活の質の向上に寄与する可能性がある。さらに、この技術は医療やスポーツ分野における人体計測の信頼性と効率性を向上させるための新たな道筋を示しており、多様な応用可能性を秘めている。

研究成果の概要（英文）：This study aimed to develop the fundamental technology of LiDAR sensing for use in the monitoring system necessary for elderly care, which could allow for the preservation of privacy and the acquisition of high-accuracy 3D data. Firstly, we evaluated the error characteristics of nine types of LiDAR sensors, clarifying their individual performances. Next, we automated joint angle measurement using a 3D sensor, demonstrating that high-precision human body measurement is possible. Based on these research results, we are now able to propose optimal selection of LiDAR sensors reflecting the required error accuracy and the optimal construction method for applications. Furthermore, we plan to utilize these research achievements to enhance the reliability and efficiency of human body measurement in medical and sports fields and to pursue new potential applications.

研究分野：センシング

キーワード：LiDAR　3Dセンシング　関節角度計測　見守りセンシング

※科研費による研究は、研究者の自覚と責任において実施するものです。そのため、研究の実施や研究成果の公表等については、国の要請等に基づくものではなく、その研究成果に関する見解や責任は、研究者個人に帰属します。

１．研究開始当初の背景

日本のみならず世界中で高齢化と介護人口の減少への対応が課題となっており、介護者の負担を減らすには被介護者の転倒・病気の前兆を自動検知する見守りシステムが必要である。そのような見守りシステムには１）プライバシー保全及び２）転倒や健康状態をセンシングするため精密な 3D 測定が求められる。プライバシー保全に対する関心は高まっており、点群データを得る本質的にプライバシー保全が可能な LiDAR に対する期待は高い。また LiDAR の 3D 計測精度はカメラを始めとする技術に比べ高精度かつ信頼性が高く、見守りシステムへの適応性は高い。

２．研究の目的

本研究の目的は、LiDAR を用いたセンシング技術について研究し、カメラに比べ精度の高い 3D データ取得やプライバシー保持を実現することで初めて可能となるセンシングシステムを実現するために必要なセンシング基盤技術の開拓である。

３．研究の方法

方法については論文を参照されたい。

４．研究成果

本研究では以下の２つのアプローチによりセンシング基盤技術を開拓した。まず LiDAR センサは新興センサであるが故、その測定原理による測定精度を始めとする基礎特性は論文といった万人がアクセス可能な形式で明らかにされていなかった。我々は１）LiDAR センサの特性を網羅的に理解するため、9 種に渡る測定原理の異なる LiDAR センサの誤差特性を評価し、 次に２）3D センサを用いた関節角度計測の自動化を行い、精度の高い人体計測が可能であることを示した。

		VLP-16 [16]	VLP-32c [24]	VLS-128 [36]	NextG①	NextG②	NextG③	NextG④	NextG⑤	NextG⑥
General Specs	Gen. (year)	1st (2016)	1st (2017)	1st (2017)	NextG (2019)	NextG (2020)	NextG (2021)	NextG (2020)	NextG (2019)	NextG (2019)
	Scanning Type	Rotating	Rotating	Rotating	Rotating	Rotating	Rotating	MEMS	MEMS	Flash
	Wavelength	905 nm	905 nm	905 nm	865 nm	905 nm	905 nm	905 nm	860 nm	905 nm
	Vertical FOV	30°	40°	40°	45°	31°	70°	25.1°	55°	16°
	Horizontal FOV	360°	360°	360°	360°	360°	360°	81.7°	70°	180°
	Max. Range [m]	100	200	300	120	120	150	260	9	56
	Min. Range [m]	1	1	0.5	0.3	0	0.2	0.5	0.25	0.1
	Vertical Channel	16	32	128	32	32	32	-	-	8

図 1　9 種の LiDAR 測定原理を踏まえた網羅的な評価実験

図 2 開発した関節角度計測システムの様子

１）の成果によって LiDAR の測定原理に基づく誤差の違いやセンサの性能差を明らかにすることで、図 1 に示す通り要求される誤差精度を反映した上で最適な LiDAR センサを選択し最適なアプリケーションの構築方法を提案できるようになった。

また２）の成果により従来のカメラベースの人体計測に比べ、3D センサを用いることでプライバシー保持が可能である上、より高い精度で関節角度や身体の寸法を計測することを実証した。このような関節角度計測はリハビリ分野で展開することを考えており、岡山大学病院整形外科の中原龍一先生と共同で岡山大学病院に所属する理学療法士チームの協力を得てデータセット収集からデモシステム構築まで実施した。

本研究を延伸することで、医療やスポーツ分野における人体計測の信頼性と効率性が向上し、新たなアプリケーションの開拓が期待できる。 本研究により、今まで明らかとなっていなかった LiDAR センシング技術の特性評価と人体計測応用に関する基盤的知識を確立することができた。今後はこれらの成果をさらに発展させ、LiDAR 技術を自動運転に限らず医療、スポーツといった幅広い分野への応用することで新たな価値創造を目指し研究を遂行する。

５．主な発表論文等

〔雑誌論文〕　計2件（うち査読付論文　2件／うち国際共著　0件／うちオープンアクセス　1件）

１．著者名 YOSHIOKA Kentaro	４．巻 -
２．論文標題 A Tutorial and Review of Automobile Direct ToF LiDAR SoCs: Evolution of Next-Generation LiDARs	５．発行年 2022年
３．雑誌名 IEICE Transactions on Electronics	６．最初と最後の頁 -
掲載論文のDOI（デジタルオブジェクト識別子） 10.1587/transele.2021CTI0002	査読の有無 有
オープンアクセス オープンアクセスとしている（また、その予定である）	国際共著 －

１．著者名 YOSHIOKA Kentaro	４．巻 -
２．論文標題 Time-Based Current Source: A Highly Digital Robust Current Generator for Switched Capacitor Circuits	５．発行年 2022年
３．雑誌名 IEICE Transactions on Electronics	６．最初と最後の頁 -
掲載論文のDOI（デジタルオブジェクト識別子） 10.1587/transele.2021CDP0002	査読の有無 有
オープンアクセス オープンアクセスではない、又はオープンアクセスが困難	国際共著 －

〔学会発表〕　計8件（うち招待講演　3件／うち国際学会　4件）

１．発表者名 鈴木諒，吉岡健太郎，速川湧気,中原龍一，那須義久,西田圭一郎，尾崎敏文
２．発表標題 AI を用いた関節可動域自動計測の試み
３．学会等名 中国四国整形外科学会
４．発表年 2022年

１．発表者名 速川湧気,吉岡健太郎,鈴木諒，中原龍一，那須義久,西田圭一郎，尾崎敏文
２．発表標題 完全Web 化された医工連携の試み：関節可動域自動計測システムの開発
３．学会等名 中国四国整形外科学会
４．発表年 2022年

１．発表者名
T. Sato, Y.Hayakawa, R.Suzuki, Y.Shiiki, K.Yoshioka, Q. Chen

２．発表標題
WIP: Practical Removal Attacks on LiDAR-based Object Detection in Autonomous Driving

３．学会等名
VehicleSec（国際学会）

４．発表年
2023年

１．発表者名
T. Sato, Y.Hayakawa, R.Suzuki, Y.Shiiki, K.Yoshioka, Q. Chen

２．発表標題
Poster: Practical Removal Attacks on LiDAR-based Object Detection in Autonomous Driving

３．学会等名
IEEE NDSS（国際学会）

４．発表年
2023年

１．発表者名
T. Sato, Y.Hayakawa, R.Suzuki, Y.Shiiki, K.Yoshioka, Q. Chen

２．発表標題
Towards Large-Scale Measurement Study on LiDAR Spoofing Attacks against Object Detection

３．学会等名
ACM CCS（国際学会）

４．発表年
2022年

１．発表者名
吉岡健太郎

２．発表標題
信頼できるLiDARに向けて

３．学会等名
情報処理学会IPSJ連続セミナー（招待講演）

４．発表年
2022年

１．発表者名
吉岡健太郎

２．発表標題
アナログが世界を救う? アナログコンピューティングの応用と課題

３．学会等名
最適輸送ワークショップ（招待講演）

４．発表年
2023年

１．発表者名
Kentaro Yoshioka

２．発表標題
"Analog to the Rescue? Analog Deep Learning Accelerator Aspects and Challenges

３．学会等名
ASSCC 2021 RiSE(Rising Star Express) Forum（招待講演）（国際学会）

４．発表年
2021年

〔図書〕　計0件

〔産業財産権〕

〔その他〕

―

６．研究組織

	氏名 （ローマ字氏名） （研究者番号）	所属研究機関・部局・職 （機関番号）	備考
研究協力者	中原　龍一 (Nakahara Ryuichi)	岡山大学 (15301)	

７．科研費を使用して開催した国際研究集会

〔国際研究集会〕　計0件

８．本研究に関連して実施した国際共同研究の実施状況

共同研究相手国	相手方研究機関			
米国	University of Calfornia Irvine			