



PRESS RELEASE

岡山大学記者クラブ加盟各社

文部科学記者会

科学記者会

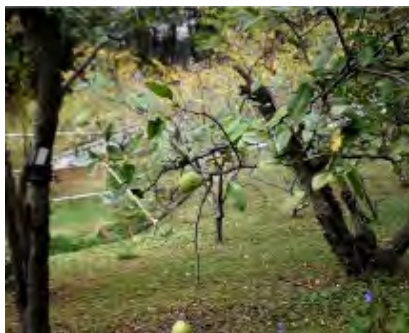
御中

令和6年10月18日
岡山大学

果物・野菜収穫用 AI 空間センサーの屋外実証実験に成功 —立木に実っている果実の位置／寸法計測—

◆発表のポイント

- 果物・野菜収穫用 AI 空間センサーを用いて果樹になっている果実の位置・寸法のリモート計測屋外実証実験に成功し、果樹園での空間計測の有効性を確認しました。
- 複眼カメラ動画を用いた AI 空間画像処理を行うことで、光の入射角度や照度などの光環境の時間的変化に耐性を持つ空間計測系を構築しその性能実証に成功しました。
- 果物・野菜収穫用 AI 空間センサーは、収穫する果実の写真を現場の果樹園で撮影するだけで対象果実のコンピュータへの指定が完了し、操作が簡単です。



カリンの立木全体



複眼カメラの計測の様子



計測結果 PC 画面

立木果樹カリンを写した写真(左)、果実部分を拡大撮像するため果実に接近した計測中のカメラ部の写真(中)、複眼計測完了時のコンピュータ画面(右、左右カメラで認識されたカリンの実を赤い枠で示す)。センサーは、ビデオ入力モードの左右動画中から果実を発見し、ロボットハンド部に取り付けた左右カメラ部がロボットの動作に基づいて果実に接近(写真(中))します。接近した画像を元に果実の位置/寸法を計測した結果を、コンピュータ画面(右)に示します。果実の位置/姿勢、果実の長さ・高さが計測されています。計測の進行に合わせて果実を表示する枠の色が変化し、正常な計測の場合赤枠で表示されます。



PRESS RELEASE

岡山大学発ベンチャーの株式会社ビジュアルサーボ（岡山大学の見浪護特命教授（研究）が起業）は、ステレオビジョンを用いた空間計測について研究を続け、これまでに、動く任意対象物の3次元位置姿勢のリアルタイム計測に成功し、泳ぐ魚の寸法計測などを行ってきました。

同社は、公益社団法人岡山市公園協会 岡山市半田山植物園の協力を得て、2024年9月に、園内の果樹（ナツメ、ザクロ、ヘビウリ、ナタマメ、カリン、キンカン、ボケ）の果実計測実験を行いました。果物・野菜収穫用AI空間センサーを用いて、果樹になっている果実の位置・寸法のリモート計測屋外実証実験に成功し、果樹園での空間計測の有効性を確認しました。

ある時刻の複眼カメラ画像情報の比較のみに基づく画像処理は、時々刻々変化する時変光環境外乱^(注1)の影響を受けないという特徴があります。撮影時の光環境は左右カメラの入力画像に同時かつ同等に反映され、過去の光環境状態から影響を受けることはないからです。今回の空間計測システムは、この「複眼光環境耐性」を利用しているため時変光環境外乱に耐性を持ちます。

この画像計測方法は、左右複眼カメラに同じ対象物が写っていれば、その位置・姿勢・寸法の計測が可能です。実証実験では、自動収穫ロボット用空間センサーとしての能力を確認するため、植物園内の立木果樹の木陰に見え隠れする果実の非接触計測実験を行いました。実験の結果、遠方写真より接近写真での寸法計測はより誤差が少なくなっていました。

また、ナツメ、ザクロ、キンカンの計測結果では、小さい果実の場合でも計測が可能なが分かりました。

今回の実験により、(1) 屋外立木果樹に実る果実を対象とした位置・寸法の非接触空間計測が可能なこと、(2) カメラ果実間の検出距離の補正後、近距離での果実寸法の平均誤差は約5[mm]以下であることが分かりました。

このことから、ロボットハンドが接近後、採取時には正確な計測が可能であり、収穫ロボット用空間センサーとして望ましい機能を備えていることが分かります。

また、果物・野菜収穫用AI空間センサーは、収穫する果実の写真を現場の果樹園で撮影するだけで対象果実のコンピュータへの指定が完了し、操作が簡単です。

株式会社ビジュアルサーボは、果物・野菜収穫ロボット用空間センサーを「全天候型空間センサーAWSS」(All-Weather Space Sensor)と命名し、発売しています。今後、果物・野菜収穫用ロボットを他社と連携して開発する予定です。収穫時に果物の熟度などの判定も考慮した仕分け作業も可能な多機能収穫ロボットの共同開発を考えています。

<現状>

空間計測センサーとして市販され一般に用いられている、画像情報と距離情報を組み合わせたRGB-D画像を用いる空間計測手法は、距離計測に赤外線が用いられています。この手法は、太陽光に含まれる赤外線が外乱として働くため、屋外での計測は難しいという問題がありました。



PRESS RELEASE

<研究成果の内容>

2024年9月、半田山植物園内の果樹（ナツメ、ザクロ、ヘビウリ、ナタマメ、カリン、キンカン、ボケ）の果実計測実験を行いました。

自動収穫ロボット用空間センサーとしての能力を確認するため、木陰に見え隠れする果実の非接触計測実験を行いました。実験時の屋外照度は約64,000ルクスでした。

ある時刻の複眼カメラ画像情報の比較のみに基づく画像処理は、時々刻々変化する時変光環境外乱^(注1)の影響を受けないという特徴があります。撮影時の光環境は左右カメラの入力画像に同時にかつ同等に反映され、過去の光環境状態から影響を受けることはないからです。空間計測システムは、この「複眼光環境耐性」を利用しているため時変光環境外乱に耐性を持ちます。

表1は、寸法計測結果と複眼ハンドアイカメラが遠距離から近距離へ接近する様子および近距離計測では計測精度が向上することを示しています。遠距離(500~600mm)から近距離(300~450mm)に接近するときの複眼カメラ画像を用いた非接触計測値、果実寸法実計測値、誤差、果実の空間位置を示します。左右カメラ画像中の枠は計測終了後の果実認識結果です。遠方写真より接近写真での寸法計測は、より誤差が少なくなっていることが分かります。ロボットハンドが接近後、採取時には正確な計測が可能であり、収穫ロボット空間センサーとして望ましい機能を備えていることが分かります。

表2では、ナツメ、ザクロ、キンカンの計測結果を示しています。小さい果実の場合でも計測が可能なが分かります。ただし、ザクロは高所に実を付けており実寸計測ができませんでした。

これらの結果より、(1) 屋外立木果樹に実る果実を対象とした位置・寸法の非接触空間計測が可能なこと、(2) カメラ果実間の検出距離の補正後、近距離での果実寸法の平均誤差は約5[mm]以下であることが分かりました。

<社会的な意義>

収穫用空間センサーは、農家の方が使いやすい機能が求められます。果物・野菜収穫用 AI 空間センサーは、収穫する果実の写真を現場の果樹園で撮影するだけで対象果実のコンピュータへの指定が完了し、操作が簡単です。

<注釈>

(注1) 時変光環境外乱

光の入射角度や照度などの光環境の時間的変化は、画像処理装置への入力画像を変化させる。この入力画像の変化は、コンピュータ内にあらかじめ記憶された基準画像と入力画像の差を乖離させるため画像処理結果に誤差を生じさせる。また基準画像と同程度の光環境で画像が撮像されることを前提とした画像処理プログラムの正常動作に悪影響を与え、外乱として作用する。このような光環境の時間的変化を、時変光環境外乱と呼ぶ。



PRESS RELEASE

表1 収穫アプローチ動作時の位置・寸法計測結果、ロボットハンドに設置されたハンドアイカメラが遠距離から近距離へ接近する時の計測精度向上の様子

測定値 対象物	立ち木 全体写真	測定時の左右カメラ画像 (赤枠：AIが対象物として 判断した箇所)			真値寸法 [メジャー で計測] [mm]			測定値 [mm]			誤差 [mm]			X [mm]			Y [mm]			Z [mm]		
					幅		高さ		幅		高さ		幅		高さ		幅			高さ		
					幅	高さ	幅	高さ	幅	高さ	幅	高さ	幅	高さ	幅	高さ	幅	高さ	幅	高さ	幅	高さ
へびウリ		遠写真			92	390	86.0	350.2	6.0	39.8	-7.64	24.7	649.6	-7.64	24.7	649.6	-7.64	24.7	649.6			
					92	390	94.1	384.9	-2.1	5.1	-10.7	455.5										
		近写真			46	250	38.7	230.0	7.1	20.0	122.2	23.9	614.1	122.2	23.9	614.1						
					46	250	42.4	252.0	3.6	-2.0	96.2	-36.2	350.8	96.2	-36.2	350.8						
カリン		遠写真			85	73	95.0	80.8	10.0	-7.8	29.0	-65.5	493.4	29.0	-65.5	493.4	29.0	-65.5	493.4			
					85	73	86.4	74.1	-1.4	-1.1	16.6	-20.0	345.3							16.6	-20.0	345.3
		近写真			62	58	68.1	64.4	-6.1	-6.4	49.4	-75.7	491.4	49.4	-75.7	491.4						
					62	58	64.4	60.3	-2.4	-2.3	35.0	-69.3	291.0	35.0	-69.3	291.0						
ポケ		遠写真			62	58	68.1	64.4	-6.1	-6.4	49.4	-75.7	491.4	49.4	-75.7	491.4	49.4	-75.7	491.4			
					62	58	64.4	60.3	-2.4	-2.3	35.0	-69.3	291.0							35.0	-69.3	291.0
		近写真			62	58	68.1	64.4	-6.1	-6.4	49.4	-75.7	491.4	49.4	-75.7	491.4						
					62	58	64.4	60.3	-2.4	-2.3	35.0	-69.3	291.0	35.0	-69.3	291.0						

果樹が生えている場所、果樹の中の果実の位置、果樹の葉の茂り具合、および太陽光の照射方向に依存し、さらに風などの外乱による果樹葉の揺れによって果実の映像や写真撮影時の照度が変わります。それらの外乱が空間計測に用いられた上記の写真に含まれているにも拘らず果実の位置・寸法の計測に成功しています。これらの実験結果は、提案している空間計測システム「全天候型空間センサーAWSS」が、「複眼光環境耐性」を持っていることを示しています。



PRESS RELEASE

表 2 小寸法果実(実寸 20~40mm)の計測

測定値 対象物	立ち木 全体写真	測定時の左右カメラ画像 (赤枠：AIが対象物として 判断した箇所)		真値寸法 (メジャー で計測) [mm]			X [mm]
				幅 高さ	幅 高さ	幅 高さ	
ナツメ				39	86.0	6.0	-7.64
							24.7
				36	350.2	39.8	649.6
キンカン				24	21.2	1.8	90.3
							-37.5
				23	25.0	-1.0	252.7
ザクロ				※	40.9	※	10.0
							-34.8
					29.7		289.5

※高所のため計測不可

<お問い合わせ>

見浪 護

岡山大学特命教授 (研究)

岡山大学発ベンチャー:ビジュアルサーボ



岡山大学は持続可能な開発目標 (SDGs) を支援しています。