(19)日本国特許庁(JP)

(12)特許公報(B2)

(11)特許番号
特許第7026113号
(P7026113)

(45)発行日　令和4年2月25日(2022.2.25)

(24)登録日　令和4年2月16日(2022.2.16)

(51)国際特許分類

		FI		
Ｂ６４Ｃ　39/02　(2006.01)		Ｂ６４Ｃ	39/02	
Ａ０１Ｇ　7/00　(2006.01)		Ａ０１Ｇ	7/00	６０３
Ａ０１Ｇ　3/00　(2006.01)		Ａ０１Ｇ	3/00	Ａ
Ａ０１Ｄ　46/24　(2006.01)		Ａ０１Ｄ	46/24	Ａ
Ｂ６４Ｃ　13/18　(2006.01)		Ａ０１Ｄ	46/24	Ｄ

請求項の数　15　（全53頁）　最終頁に続く

(21)出願番号　特願2019-530247(P2019-530247)
(86)(22)出願日　平成29年8月17日(2017.8.17)
(65)公表番号　特表2019-531228(P2019-531228A)
(43)公表日　令和1年10月31日(2019.10.31)
(86)国際出願番号　PCT/IL2017/050914
(87)国際公開番号　WO2018/033922
(87)国際公開日　平成30年2月22日(2018.2.22)
審査請求日　令和2年8月17日(2020.8.17)
(31)優先権主張番号　62/376,713
(32)優先日　平成28年8月18日(2016.8.18)
(33)優先権主張国・地域又は機関
米国(US)
(31)優先権主張番号　62/465,965
(32)優先日　平成29年3月2日(2017.3.2)
最終頁に続く

(73)特許権者　519053614
テベル・エアロボティクス・テクノロジーズ・リミテッド
ＴＥＶＥＬ ＡＥＲＯＢＯＴＩＣＳ ＴＥＣＨＮＯＬＯＧＩＥＳ ＬＴＤ
イスラエル７１７４９１０モディイン、イツハク・ラビン・ブールバード２９番
(74)代理人　100145403
弁理士　山尾 憲人
(74)代理人　100132241
弁理士　岡部 博史
(74)代理人　100183276
弁理士　山田 裕三
(72)発明者　ヤニブ・マオル
イスラエル７１７４９１０モディイン、
最終頁に続く

(54)【発明の名称】　果樹園、農園、及び温室のために、空中ドローンを用いて、収穫及び希薄化（ｄｉｌｕｔｉｎｇ）する（間引く）ためのデバイス、システム、及び方法

(57)【特許請求の範囲】

【請求項１】

果物を収穫又は希薄化する（間引く）ための自立型無人航空機（ＵＡＶ）であって、

ｉ）メモリ及びプロセッサを有するコンピューティングシステムと；

ｉｉ）果物収穫ユニットと；

ｉｉｉ）電源と；

ｉｖ）衝突防止システムと；

ｖ）ＵＡＶに対する果物の位置を計算するように構成された果物検出ユニットと；

ｖｉ）ＵＡＶの外部に位置して、ＵＡＶのプロペラを保護するように、且つ枝及び葉を押し出すように構成された、突き出た網状のケージと；

を備え、

衝突防止システムは、ＵＡＶが障害物と衝突するのを防止して、これにより、ＵＡＶが、所定の目標ポイントへ、自律的にナビゲート、飛行、及び操縦するのを可能にし、

ＵＡＶは、果物検出ユニットから受信した果物の位置情報を用いて、ＵＡＶを操縦し、かつ、識別される果物を収穫できる場所に収穫ユニットを配置し、

ケージは、ＵＡＶが梢／葉に入り込んで内側の果物に到達することができるように、ＵＡＶのプロペラを保護するとともに、枝及び葉を脇に押し出すことによって、及び／又は収穫ユニットにより枝から果物を引き離すときに、果物を引き離す方向とは反対方向に枝を押し出すことによって、収穫プロセスを補助するように構成された、自立型無人航空機（ＵＡＶ）。

【請求項２】
果物収穫ユニットは、（ｉ）ユニットの操縦が、ＵＡＶ全体を操縦することによって行われるように、ヒンジを有しない固定の本体又はケージである、或いは（ｉｉ）果物を把持するように設計される収穫専用のアームであって、当該果物収穫アームは網状のケージ内の専用の開口部を通じて通過する、請求項１に記載のＵＡＶ。
【請求項３】
収穫アームは、（ｉ）アームの操縦がＵＡＶ全体の操縦によって行われるように、ヒンジを有しない固定アームである、（ｉｉ）アームの操縦がＵＡＶ全体及び／又はアーム自体を操縦することによって行われるように、移動可能である、又は（ｉｉｉ）端部にループを有するワイヤを備える中空管であって、ループが果物の茎をつかんで果物を引き離すか切り離す、請求項２に記載のＵＡＶ。
【請求項４】
収穫アームは、（ｉ）ループが茎に近付くまで果物に対して押し出されるときに果物を覆う２つのワイヤループを備え、それによって、ＵＡＶが果物を引っ張るのを可能にする、（ｉｉ）果物保持／把持機構を備える、又は（ｉｉｉ）枝から果物を取り去るのを補助するための果物カットユニットを備える、請求項２又は３に記載のＵＡＶ。
【請求項５】
収穫ユニットは、果物を覆うのに適した、網状のケージの開口部であり、（ｉ）ＵＡＶが枝から果物を引き離す間、果物を覆った後に、果物を所定位置に保持／固定するための固定機構、及び／または（ｉｉ）果物を枝から引き離すのを補助するための、果物を切り離すカットユニット、をさらに備える、請求項１に記載のＵＡＶ。
【請求項６】
コンピューティングシステムと共に、収穫ユニットが果物又はその茎をつかむまで、ＵＡＶの移動及び／又は収穫アームを制御するように設計される視覚システムをさらに備える、請求項１から５のいずれか一項に記載のＵＡＶ。
【請求項７】
コンピューティングシステムは、果物の重量測定に基づいて、果物の品質を特定するためのアルゴリズムをさらに備え、果物の重量測定は、モータ消費電流によって、及び／又はケージに配置される追加の重力測定ユニットからの測定によって計算される、請求項１から６のいずれか一項に記載のＵＡＶ。
【請求項８】
網状のケージは、触覚で感知可能な、網状のケージであり、ケージにかかる力を測定するための圧力センサ、及び／またはケージ及びＵＡＶの加速度を測定するための、少なくとも２つの慣性計測ユニット（ＩＭＵ）を備える、請求項１から７のいずれか一項に記載のＵＡＶ。
【請求項９】
網状のケージは、収穫された果物を収集するための収集ネットとしても機能する、請求項１から８のいずれか一項に記載のＵＡＶ。
【請求項１０】
電源は、（ｉ）ＵＡＶを安定させるために偏心している、及び／又は（ｉｉ）収穫中にＵＡＶのバランスを一定に調整することができるように、移動可能である、請求項１から９のいずれか一項に記載のＵＡＶ。
【請求項１１】
（ｉ）収穫ユニットが果物を反対方向に引っ張りながら、枝を押しのけるように設計される、追加の押し出しアームであって、それによりＵＡＶ自体に力がかかることなく、枝から果物を引き離すことができる、（ｉｉ）枝から果物を引き離すときに、ＵＡＶを後方に引っ張るのを補助するための垂直モータ、及び／又は（ｉｉｉ）位置決めユニットをさらに備える、請求項１から１０のいずれか一項に記載のＵＡＶ。
【請求項１２】
果物を目標として、コンピューティングシステムと共に、収穫ユニットが果物又はその茎

をつかむまで、ＵＡＶの移動及び／又は収穫アームを制御するように設計される、視覚システムと；
別の方向から果物を検査するための追加のカメラ又はミラーと；
収穫される果物を収集するための収集ネットと；
収穫ユニットが果物を反対方向に引っ張る間に枝を押しのけるように設計される追加の押し出しアームと；
枝から果物を引き離すとき、ＵＡＶを後方に引っ張るのを補助するための垂直モータ；
位置決めユニットと；の少なくとも１つをさらに備え、
コンピューティングシステムは、果物の品質を特定するための、及び／又はＵＡＶを完全に独立／自律的にすることを可能にするためのアルゴリズムをさらに備え、
果物の品質を特定するためのアルゴリズムは、モータ消費電流により、及び／又はケージに配置される追加の重力測定ユニットからの測定によって計算される果物の重量測定を用いて、
ケージは、ＵＡＶが前方に移動するにつれて葉及び枝を押しのけることによって、梢／葉に入り込むのを補助するために、円錐形状を有し、ケージにかかる力を測定するための圧力センサを備える、触覚で感知可能なケージであって、
ＵＡＶは、ＵＡＶ自体に力がかかることなく、枝から果物を引き離すことができて、収穫は、果物を傷つけることなく、及び／又は果物の茎が隠れているときに行われる、請求項１に記載のＵＡＶ。
【請求項１３】
（ｉ）請求項１から１２のいずれか一項に定義される少なくとも１つのＵＡＶと、（ｉｉ）少なくとも１つのＵＡＶを調整して、熟した果物の収穫を調整するための制御ユニットと、任意で（ｉｉｉ）収穫される果樹園の境界を特定するための少なくとも１つのアンカーユニットとを備える、果物を収穫するためのシステム。
【請求項１４】
ａ）請求項１に定義されるような自立型無人航空機（ＵＡＶ）を、果物を収穫するために農園へ送るステップと；
ｂ）木又は木のラインを自律的に識別してそこに面するステップか、又はＵＡＶに対する木の位置及び方向を外部デバイスから受信するステップと；
ｃ）当該木で収穫すべき果物を果物検出ユニットによって自律的に識別／検出するステップと；
ｄ）ＵＡＶを操縦して、識別される果物にアクセスして従事させるステップと；
ｅ）識別／検出される果物を収穫するステップと；
ｆ）ステップ（ｂ）から（ｅ）までを繰り返すステップと；
ｇ）果物収集エリアに、収穫された果物を運ぶステップと；
ｈ）品質を分析して、適切な容器に収穫される果物を選別するステップと；
を含み、収穫される果物は軟らかい殻の果物であって、果物の皮及び／又は果肉を傷つけない、果物を収穫する方法。
【請求項１５】
果物収集エリアに収穫される果物を運ぶステップと；
果物を落として可能性のあるダメージが生じることなく、ＵＡＶによって収穫される果物を運ぶステップと；
木／枝を押し出すことによって反対方向の力を生成するステップであって、反対方向の力は、葉を突き出して奥にある葉、果物に近付くために制御されるステップと；
果物を放出する間に、地上ステーションによって収穫ＵＡＶを充電するステップと；
物理的な力を仮想的な力と統合することによって物理的な力を測定して計算することで、ＵＡＶの回避ベクトルを計算するステップと；
収穫される果物を容器に運ぶステップと；
の少なくとも１つを含み、
収穫中の引っ張り力の生成は、ＵＡＶの水平モータに影響を与えず、

果物にアクセスして従事させるためのＵＡＶの操縦は、アームが果物に従事するためにＵＡＶモータを制御することによって、固定アーム又は移動可能なアームを移動させるために、閉ループナビゲーションによって行われ、
識別／検出される果物を収穫するステップ（ｅ）は、重力によって木から果物を引き離すことによって、すなわち、ＵＡＶの上昇力を減らして、重力によりＵＡＶを引っ張ってそれによって果物を引き下げることを可能にすることによって、及び／またはモータの力を使って果物を引っ張ることによって行われる請求項１４に記載の方法。

【発明の詳細な説明】

【技術分野】

【０００１】

本発明は、農業機器、特に収穫の技術分野に関する。より具体的には、本発明は、収穫、希薄化、及び剪定のデバイスに関する。より具体的には、本発明は、例えば、リンゴの木、洋梨の木、アプリコットの木、桃の木、オレンジの木、小さな柑橘類の果物の木、レモンの木、アボカド、つる植物、トマト、ナス、キュウリ、ペッパー等の果樹園、農園、及び温室のための収穫、希薄化、又は剪定のデバイスに関する。本発明は、フィールドの耕作（ｆｉｅｌｄ　ｇｒｏｗｓ）及びフィールドの植え込み（ｆｉｅｌｄ　ｐｌａｎｔｓ）の技術分野に関するものではなく、作物のダスティング、作物の植え込み、肥料やり、及び他の農作物のジョブに対応しない。

【背景技術】

【０００２】

従来の果樹園の収穫デバイスは、大量労働や、人又は自動のはしごによって保持されて操作される自動の剪定ばさみのような支援ツールに基づくものである。進歩したツールは、いくつかのロボットアームを有する大きなトラックである。当該トラックは、大きく、高価で、複雑である。それぞれのロボットアームは、木の頂部又は底部から取るのに十分に、長く柔軟である必要がある。ロボットアームは、少なくとも４自由度ある必要があり、非常に高価な解決策となる。

【０００３】

特に、上述のトラックは大きく、ほとんどの現行の農園／果樹園に適合せず、木のラインを通過することができない。また、山地での機動性に制限がある。より小さなロボットの／自動の車両は、地面が複雑なことによる機動性及び通過性の問題があり、木の頂部から果物を取ることができず、また２～４軸の長いロボットアームの複雑性も有する。

【０００４】

希薄化は、通常、早期段階で木から果物を分離することによって、大量労働により手動でされ、それによって大きな果物を栽培することができる。剪定は、通常、手動の鋸又は鋸を保持する地上の車両によってされる。

【０００５】

本発明に対して、現行のドローンは、葉及び枝を突き出すことができる固定の長いアームを有さず；危険に対する保護のための保護ネットを有するが、実際の収穫のためにネットを使用せず；閉ループのフードバックを可能にするドローンカメラに備わるアームを有さず；収穫機の機能性を有さず；アームと共に近付いてドローンの移動制御をすることによって観察される、熟した果物の検出をすることができない。現行のドローンでは、バッテリは、固定の位置を有し、できる限りドローンの重心の近くに位置しており、剪定ばさみを保持せず、ドローンに力を加えることなく収穫する能力がなく、全てのモータは水平（ｈｏｒｉｚｏｎｔａｌ）である。

【０００６】

現在、エリアのマッピングは、３０００フィートよりも高い高さからエリアの写真を撮る大きなＵＡＶ又は通信衛星によって行われ、１枚の写真で全エリアを含めることができる。しかしながら、当該写真は、大抵、低解像度であって、高解像度のカメラでさえ、限定的な結果となる。高解像度の画像が要求される場合、マッピングの方法は、低い高さ（１００～１０００フィート）で飛行し、エリアをスキャンし、飛行中に多くの写真を取得す

るドローン／クアッドコプターによって行われ、ステッチソフトウェアは、超解像の画像を作成する。

【０００７】

それぞれのピクセルに絶対座標を提供するために、いくつかのアンカーがエリア内に配置される。それぞれのアンカーは、上方から及びＧＰＳの座標から見ることができる視覚的な特徴を有する。撮られる全ての写真は、少なくとも１つの前記アンカーを含み、その情報は、写真データと共に分析されて、それぞれのピクセルが座標を有する超解像の画像を生成する。しかしながら、アンカーの設置は、それぞれのアンカーの所望の位置へ人が到着してその場所に取り付ける必要がある、時間のかかるタスクである。さらに、スキャンが完了した後、アンカーを集める必要がある。

【０００８】

現在、収穫は、手動か機械で行われる。機械的な収穫では、熟した果物と熟していない果物との選別はされていない。現在、従来の発明で説明したことだけでなく、農業のタスクも、意図せず木を見逃すのを防止するために、ライン毎に、木毎に、逐次的に行われる。逐次的であることは、収穫に関して最も効率的な方法であって、地上の労働者及び地上の自律収穫機の管理に関して最も容易な方法である。

【０００９】

成熟過程が長く（数週間）、全ての木に関して又は同じ木に関してさえも一様でないため、選別した収穫は有利である。さらに、農作業者は、木及び果物に対するダメージを防止することを望む。選別した収穫及び選別した希薄化は、短期間に大量の労働力を必要とし、しばしば、農作業者が農園の状態を追跡せず農園のデータベースを管理せず、むしろ一度に全ての果物を収穫するという結果となる。さらに、農作業者は、労働力の不足のため、及び収穫期間が短いため、選別した収穫／希薄化を実際に行うためのツールを有していない。

【００１０】

機械的な収穫デバイスを開発するために、いくつかの試みがなされている。例えば、米国特許出願公開第２０１６／０３０７４４８号には、浮揚性ガス及びプロペラの組合せによって昇降するドローンが開示されており、農地における収穫を含む自動化された農業のために使用される。

【００１１】

米国特許出願公開第２０１７／００９４９０９号には、木から硬い殻の果物を収穫するためのドローンが開示されている。ドローンは、果物を識別するカメラと、果物を収穫するアームとを備える。米国特許第９，４２０，７４８号は、剪定のためのドローンに関し、当該デバイスは、カット手段（例えばチェーンソー）とカメラとを備える。

【００１２】

米国特許出願公開第２０１６／０３４０００６号には、人命救助のためのカメラ及び昇降機構を備える救助ドローンが開示されている。ＩＮ４０４１ＭＵＭ２０１５は、茎から果物をカットするための延長可能なカッターと、果物を識別するためのカメラとを有する、硬い殻の果物を収穫するドローンに関する。ＣＮ２０６０２４７１４は、水タンク（５）とカッター（６）とを備え、作物に水をまいて作物を剪定するように設計された、農作物の手入れをするドローンに関する。ＣＮ１０４９１９９８１は、硬い殻の果物、具体的には中国のカヤフルーツ（Ｃｈｉｎｅｓｅ　ｔｏｒｒｅｙａ　ｆｒｕｉｔｓ）を採集するためのドローンに関し、カット手段（１）を端部に有する、延長されたロッド（８）と、果物を収集するネット（１６）とを備える。ＣＮ１０４５９０５６２は、ボムガン（ｂｏｍｂ　ｇｕｎ）と、照準機構と、保護ケージ及びバンパーとを備える消火ドローンに関する。

【００１３】

また、別の公開は、農業のタスクを含む様々なタスクのためのドローンを開示する。例えば、ＦＬＥＷＲＯ（ナツメヤシ、ココナッツ、果物を木から採るためのドローン）は、硬い殻の果物を採るドローンに関し、果物の画像を取得するためのカメラと、ドローンを安定させるためのジャイロスコープ及びＧＰＳと、果物が熟れているかどうかを特定するた

めの第１のロボットアームと、硬い殻の果物を採るための第２のロボットアームとを備える。Ｉｎｔｅｌｌｉｇｅｎｔ Ｓｗａｒｍ ｏｆ Ｄｒｏｎｅｓ ｆｏｒ Ｈａｒｖｅｓｔｉｎｇ Ｆｒｕｉｔ（果物を収穫するためのインテリジェントドローンの群）は、果物を収穫するためのドローンの群に関する。各々のドローンは、果物の識別及びその完熟度の評価を行うためのカメラと、カット（刈り込み）手段とを備える。収穫は、日が沈んで充電が停止するまでか、又は全ての熟した果物が採られるまで、収穫が行われる。Ｆｒｕｉｔ Ｐｌｕｃｋｉｎｇ Ｆｌｉｎｇ Ｒｅｏｂｏｔ（果物を採る飛行ロボット）は、高い所から果物の収穫のための飛行ロボットに関し、果物を検出するためのカメラと、果物をカットするための回転刃を備えるロボットアームとを備える。Ｄｅｓｉｇｎ ａｎｄ Ｄｅｖｅｌｏｐｍｅｎｔ ｏｆ Ｍｏｂｉｌｅ Ｆｒｕｉｔ Ｐｌｕｃｋｅｒ（モバイルの果物摘採機の設計及び開発）は、カメラで果物を識別して、取り付けられたカッターで木を切るモバイルの果物摘採機に関する。Ｄｒｏｎｅｂａｌｌ Ｇｏ， ａ Ｄｒｏｎｅ Ｗｉｔｈ ａ Ｍｕｌｔｉ－Ａｘｉｓ Ｃａｇｅ Ｄｅｓｉｇｎｅｄ ｔｏ Ｃｒａｓｈ， Ｔｕｍｂｌｅ， Ｒｏｌｌ， ａｎｄ Ｋｅｅｐ Ｆｌｙｉｎｇ（ドローンボールゴー、ドローンがクラッシュ、落下、回転、飛行維持できるように設計された、複数軸のケージを備えるドローン）は、ドローンがクラッシュ、落下、回転、飛行維持できるように設計された、複数軸のケージを備えるカメラドローンに関する。

【００１４】

特に、全ての先行技術のデバイス及びシステムは、果物を収穫するために茎に近づけるように設計される。さらに、どの先行技術のデバイス及びシステムも、軟らかい殻の果物の収穫向きではなく、硬い殻の果物を収穫するために従来のデバイスを使用／修正を試みると、当該軟らかい殻の果物を傷つける結果となる。さらに、どの先行技術文献も、一度果物が収穫された後のデバイスのバランスの問題はもちろんのこと、採取した後、果物を保持することができるデバイスを提供しない。最後に、全ての従来のドローンシステムは、「感知及び回避」のシステムであるが、本発明のシステムは、「感知及び従事」（”ｓｅｎｓｅ ａｎｄ ｅｎｇａｇｅ”）のシステムである。

【発明の概要】

【００１５】

本発明は、果物を収穫又は希薄化するための改良された自立型無人航空機（ＵＡＶ）を提供し、（ｉ）メモリ及びプロセッサを備えるコンピューティングシステムと、（ｉｉ）果物収穫ユニットと、（ｉｉｉ）電源と、（ｉｖ）衝突防止システムと、（ｖ）ＵＡＶに対する果物の位置を計算するように構成された果物検出ユニットと、（ｖｉ）枝及び葉を押し出すように構成された、突き出た網状のケージとを備える。前記衝突防止システムは、障害物との前記ＵＡＶの衝突を防止し、それにより、所定の目標ポイントへ前記ＵＡＶの自律的なナビゲーション、飛行及び操縦を可能にする。前記ＵＡＶは、前記ＵＡＶを操縦して識別される果物を収穫できる場所に収穫ユニットを配置するために、果物検出ユニットから受信した果物の位置情報を使用する。前記ケージは、ＵＡＶが梢／葉に入り込んで内側の果物に達することができるように枝及び葉を押しのけることによって、及び／又は、収穫ユニット（さらにケージ）によって枝から前記果物を引っ張る際に反対方向に押し出すことによって、収穫プロセスを補助するように構成される。

【００１６】

さらに、本発明は、前述の請求項のいずれか一項に記載の１又は複数のＵＡＶの飛行及び／又は収穫ミッションを調整するための制御ユニットを提供する。

【００１７】

さらに、本発明は、果物を収穫するためのシステムを提供し、（ｉ）前述の請求項のいずれか一項に記載の少なくとも１つのＵＡＶと、（ｉｉ）前記少なくとも１つのＵＡＶを調整して熟した果物の収穫を調整するための制御ユニットとを備える。

【００１８】

さらに、本発明は、果物を収穫する方法を提供し、（ａ）果物を収穫するための自立型無人航空機（ＵＡＶ）を農園に送るステップと、（ｂ）自律的に、木又は木のラインを識別

してそこに面するか、又はＵＡＶに対する木の位置及び方向を外部デバイスから受信するステップと、（ｃ）前記木で収穫される果物を果物検出ユニットによって識別／検出するステップと、（ｄ）前記識別される果物にアクセスして従事させるようにＵＡＶを操縦するステップと、（ｅ）識別／検出される果物を収穫するステップと、（ｆ）ステップ（ｂ）からステップ（ｅ）まで繰り返すステップとを含む。

【図面の簡単な説明】

【００１９】

【図１】２軸自由度のロボットアームを備える本発明の収穫デバイスの斜視図である。

【図２Ａ】固定アーム（０軸自由度）を備える本発明の収穫デバイスの斜視図である。

【図２Ｂ】固定アーム（０軸自由度）を備える本発明の収穫デバイスの斜視図である。

【図２Ｃ】固定アーム（０軸自由度）を備える本発明の収穫デバイスの斜視図である。

【図２Ｄ】固定アーム（０軸自由度）を備える本発明の収穫デバイスの斜視図である。

【図３】丸鋸のような鋸を備える本発明の収穫デバイスの斜視図である。

【図４】トランポリンを有する収集ベースに統合される空中収穫デバイスの斜視図である。

【図５】ベースと関連付けられるいくつかの空中デバイスを備える本発明の実施形態に係る空中収集システムのフルシステムの斜視図である。

【図６】ベースと関連付けられるいくつかの空中デバイスを備える本発明の実施形態に係る空中収集システムのフルシステムの斜視図である。

【図７】果物／枝及びアームを含むナビゲーションカメラ又は果物のカメラによって取得される画像を示し、閉ループ制御方法の一部である。

【図８】ドローンの閉ループ制御方法を説明するブロック図である。

【図９】果物の木への接続をカットするための、又は剪定するためのカスタマイズされたクリッパー／剪定ばさみを備える本発明の収穫デバイスの斜視図である。

【図１０】（ドローンに力を発生させることなくカットを可能にする）カスタマイズされたパーム（ｐａｌｍ）を備える本発明の収穫デバイスの斜視図である。

【図１１Ａ】果物を保持するパームを含む本発明の収穫ドローンと、アーム及び果物の重量を平衡させるための機構を示す。

【図１１Ｂ】果物を保持するパームを含む本発明の収穫ドローンと、アーム及び果物の重量を平衡させるための機構を示す。

【図１１Ｃ】果物を保持するパームを含む本発明の収穫ドローンと、アーム及び果物の重量を平衡させるための機構を示す。

【図１２】垂直プロペラも含む本発明のドローンによって引っ張り力を加えることによって木から果物を引っ張る、１つの考えられる機構を示す。

【図１３Ａ】ドローンのアームの端部のワイヤ／ケーブルのループを用いて、木から果物をカットし／引っ張る、１つの考えられる機構を示す。

【図１３Ｂ】ドローンのアームの端部のワイヤ／ケーブルのループを用いて、木から果物をカットし／引っ張る、１つの考えられる機構を示す。

【図１３Ｃ】ドローンのアームの端部のワイヤ／ケーブルのループを用いて、木から果物をカットし／引っ張る、１つの考えられる機構を示す。

【図１３Ｄ】ドローンのアームの端部のワイヤ／ケーブルのループを用いて、木から果物をカットし／引っ張る、１つの考えられる機構を示す。

【図１４Ａ】木の葉と枝との間に入り込むためにドローンの補助も行い、ドローンを保護して木から果物をカットするのを支援するために枝を押し出す、保護ネット／ケージを有する本発明のドローンを示す。

【図１４Ｂ】木の葉と枝との間に入り込むためにドローンの補助も行い、ドローンを保護して木から果物をカットするのを支援するために枝を押し出す、保護ネット／ケージを有する本発明のドローンを示す。

【図１５Ａ】フィールド／農園をマッピングするために、そして他の収穫ドローンを案内するために用いられるマーカーを有する本発明のドローンを示す。他の高い位置のドローン／ＵＡＶによって観察され得るアンカードローンの平面図である。

【図１５Ｂ】フィールド／農園をマッピングするために、そして他の収穫ドローンを案内するために用いられるマーカーを有する本発明のドローンを示す。グローバルポジションシステム（ＧＰＳ）受信機と、ＵＷＢ（時間の測定と正確な時間にデータ通信を可能にする超広帯域無線受信機）のようなローカルポジションシステム（ＬＰＳ）とを示すアンカードローンデバイスの側面図を示す。
【図１６Ａ】アンカードローンによってマッピングされた農園を示す。図１６Ａ内の矢印によって、当該ドローンが配置される場所を示す。
【図１６Ｂ】アンカードローンによってマッピングされた農園を示す。図１６Ｂ内の矢印によって、当該ドローンが配置される場所を示す。
【図１６Ｃ】アンカードローンによってマッピングされた農園を示す。どのように、システムが、（それぞれの木が丸で囲まれている）農園内の全ての木を識別するのかを示し、本発明のドローン又はドローンの隊を制御するための入力データベースとして機能するかを示す。
【図１７】どのように、特定の木の果物が、収穫のためのドローンによって／に関してマッピングされて、本発明の１つのドローン又はドローンの隊を制御するための入力データベースとして機能するかどうかを示す。本データベースの精度は、５～１０ｃｍである。
【図１８】本発明の多くのドローン及び収集ベースを含むフルシステムの斜視図を示す。
【図１９】隊の管理ドローンの収穫アルゴリズムを説明するブロック図である。
【図２０Ａ】農園内の熟した果物（収穫するのに準備ができている）のエリアを示すデータベースの一時的な状態を示す。データベースの情報は、ワーキングタスク間に収集される。０にリセットされた状態を示す。
【図２０Ｂ】農園内の熟した果物のエリアを示すデータベースの一時的な状態を示す。データベースの情報は、ワーキングタスク間に収集される。収穫する準備ができている熟した果物の数を示す。
【図２０Ｃ】農園内の熟した果物のエリアを示すデータベースの一時的な状態を示す。データベースの情報は、ワーキングタスク間に収集される。
【図２１Ａ】ある収穫地域から収穫される果物の品質と、収穫される果物の数（量）を示すデータベースの一時的な状態を示す。
【図２１Ｂ】ある収穫地域から収穫される果物の品質と、収穫される果物の数（量）を示すデータベースの一時的な状態を示す。
【図２２Ａ】複数のバッテリを運んで、交換のためにリモートドローンに前記バッテリを運ぶように設計されたパワードローンを示す。
【図２２Ｂ】複数のバッテリを運んで、交換のためにリモートドローンに前記バッテリを運ぶように設計されたパワードローンを示す。
【図２３Ａ】収穫アームが果物を引っ張りながらＵＡＶが葉に入り込むのを可能にするように、枝及び葉を押し出すことができるネット／ケージの円錐形状を示す。前記ケージは、前方の穴と、果物を運ぶために用いられるケージへ果物を引っ張る前後に移動するアームとを有する。ケージの独特な形状は、先行技術の「感知及び回避」ではなく「感知及び従事」の方法を可能にする。
【図２３Ｂ】収穫アームが果物を引っ張りながらＵＡＶが葉に入り込むのを可能にするように、枝及び葉を押し出すことができるネット／ケージの円錐形状を示す。前記ケージは、前方の穴と、果物を運ぶために用いられるケージへ果物を引っ張る前後に移動するアームとを有する。ケージの独特な形状は、先行技術の「感知及び回避」ではなく「感知及び従事」の方法を可能にする。
【図２４】例えば木、枝、葉等の外部部材によってネット／ケージに加えられる力及び力ベクトルを測定する触覚で感知可能なフィードバックを示す。ドローンは、木及び枝に力を発生させ、力を測定し、より大きな力を与えるか力の方向を変更するかどうかを決定するのに役立つため、触覚で感知可能なフィードバックは重要である。このタイプのセンサは、ＵＡＶが木に当たっている間の自律操縦で重要である。特定の実施形態では、ケージの形状は、木の中で積み重なるのを防止するため、滑らかな単調曲線である。

【図２５Ａ】いくつかのＩＭＵセンサを用いた触覚で感知可能なケージの別の実施形態を示す。
【図２５Ｂ】いくつかのＩＭＵセンサを用いた触覚で感知可能なケージの別の実施形態を示す。
【図２５Ｃ】いくつかのＩＭＵセンサを用いた触覚で感知可能なケージの別の実施形態を示す。
【図２６】果物と木との間で果物に引っ張り力を発生させるための考えられる機構を示す。
【図２７】機械的な収穫アームで果物を保持しながら、引っ張り力として重力を用いた収穫を示す。
【図２８Ａ】本発明のＵＡＶの考えられる、果物のカット機構を示す。カットは、開口を通じてケージ内に果物を引っ張った後に行われる。
【図２８Ｂ】本発明のＵＡＶの考えられる、果物のカット機構を示す。カットは、開口を通じてケージ内に果物を引っ張った後に行われる。
【図２９】充電ポイントで容器に果物を放出しながら同時に、超急速充電を可能にする、スーパーキャパシタ又は他の急速充電されるエネルギーパックを備えるＵＡＶを示す。
【図３０Ａ】本発明の隊管理アルゴリズムによってＵＡＶに割り当てられるルートの検索を示す。
【図３０Ｂ】本発明の隊管理アルゴリズムによってＵＡＶに割り当てられるルートの検索を示す。
【図３１】本発明のいくつかの実施形態に係る果物搬送ＵＡＶを示す。
【図３２Ａ】茎をカットして／ちぎりながら、果物を覆うことによって木から果物を採るための様々な方法を示す。
【図３２Ｂ】隠れた茎を引っ張るループによって、木から果物を採るための様々な方法を示す。
【図３２Ｃ】果物を保持する２つのループによって、木から果物を採るための様々な方法を示す。
【図３２Ｄ】真空ポンプによって、木から果物を採るための様々な方法を示す。
【図３３】様々な収穫システム構成部材の現在の位置情報マップを示す。

【発明を実施するための形態】

【００２０】
本発明は、木の近く、下、及び上でホバリングすることができる、ドローン／ミニコプター／クアッドコプター／又は他の小さな無人航空機（ＵＡＶ）を用いて、例えば果樹園及びつる植物のための収穫デバイスも、収穫方法も提供する。本発明の収穫ドローンは、木から所望の果物をカットすることができる鋸、ナイフ、クリッパー又は剪定ばさみを任意に有する、果物を採ることができるアームを備える。さらに、本発明は、木から小さな果物を分離するための収穫デバイスと同様のアームを有する希薄化デバイスを提供する。また、本発明は、収穫デバイスと同様のアームを有する剪定デバイスを提供するが、それは、木から枝を分離するためにより強い力を加える。
【００２１】
本発明の収穫ドローンは、木、人、及び他のドローンとの意図しない衝突を防止して複雑な環境での安全なナビゲーションを可能にする衝突防止システムをさらに備える。本衝突防止システムは、限定されないが、ＩＲ範囲オプトカプラ、超音波範囲測定、立体カメラ、レーダー及び視覚カメラを含む。本発明の収穫ドローンは、ドローンのプロペラを危険から保護して、さらに、ドローンが内側の果物に近付くために枝及び葉に入り込むのを可能にする保護ネット／ケージを有してもよい。また、前記ケージは、例えば、果物を引っ張りながら枝に対して反対方向に押し出すことによって、収穫手順に従事してもよい。
【００２２】
また、本発明の収穫ドローンは、果物の大きさ、色、及び形状を測定するカメラや、果物の軟らかさに関する触覚で感知可能なフィードバックを有するデバイス等の果物検出ユニットを備えてもよい。

【００２３】
さらに、本発明は、果物の位置を検出してドローンを最適な位置にナビゲートするアルゴリズムと、果物が熟していて採取できる状態かどうかを決定するアルゴリズムとを提供する。
【００２４】
したがって、本発明は、
（ａ）例えば、（ｉ）収穫ユニットと、（ｉｉ）電源と、（ｉｉｉ）衝突防止システムと、（ｉｖ）果物検出ユニットと、（ｖ）突き出ている押し出しケージとを備えるドローン／ミニコプター／クアッドコプター等の小さな無人航空機（ＵＡＶ）と、
（ｂ）メモリ、プロセッサ、及びＵＡＶに対する果物の位置を計算するアルゴリズムを有するコンピュータと
を備える果物収穫デバイス／ＵＡＶを提供する。
（１）前記衝突防止システムは、前記ＵＡＶと障害物（例えば、木、人、他のＵＡＶ等）との衝突を防止して、それによって複雑な環境で前記ＵＡＶの自律したナビゲーションを可能にする。
（２）前記果物検出ユニットは、前記コンピュータ及びアルゴリズムと共に、前記ＵＡＶ及び／又は収穫ユニットを自律的に果物へ操縦することを可能にする。
（３）前記ケージは、気流を許容して、（ａ）ＵＡＶが梢／葉に入り込むのを可能にするために、枝及び葉を押しのけることによって、そして（ｂ）木から前記果物を引っ張る際に反対方向に押し出すことによって、収穫プロセスを補助し、さらに、潜在的な危険（例えば葉や枝等）から前記ＵＡＶ及びエンジンブレードを保護する。
【００２５】
さらに、本発明は、（ｉ）メモリ及びプロセッサを備えるコンピューティングシステムと、（ｉｉ）果物収穫ユニットと、（ｉｉｉ）電源と、（ｉｖ）衝突防止システムと、（ｖ）ＵＡＶに対する果物の位置を計算するように構成された果物検出ユニットと、（ｖｉ）枝及び葉を押し出すように構成された突き出た網状のケージとを備える、果物を収穫又は希薄化するための改良された自立型無人航空機（ＵＡＶ）を提供する。前記衝突防止システムは、障害物との前記ＵＡＶの衝突を防止し、それによって、所定の目標ポイントに向けて、前記ＵＡＶの自律したナビゲーション、飛行、及び操縦を可能にする。前記ＵＡＶは、前記ＵＡＶを操縦して識別される果物を収穫できる場所に収穫ユニットを配置するために、果物検出ユニットから受信した果物の位置情報を用いる。前記ケージは、ＵＡＶが梢／葉に入り込んで内側の果物に達することができるように枝及び葉を押しのけることによって、及び／又は、収穫ユニット（さらにケージ）によって枝から前記果物を引っ張る際に反対方向に押し出すことによって、収穫プロセスを補助するように構成される。
【００２６】
本発明の果物収穫デバイス／ＵＡＶのある実施形態では、ユニットの操縦がＵＡＶ全体を操縦することによって行われるように、前記収穫ユニットは、ヒンジの無い固定の本体又はケージである。
【００２７】
「ドローン」及び「ＵＡＶ」という用語は、本明細書では互換的に用いられ、本明細書で必要とされて定義される任意の形状及び大きさの無人航空機を指す。
【００２８】
図１は、果物を採るためのロボットアームと；枝、地面、人、他のドローン、及び他の障害物と、ホバリングしているドローンとの衝突を防止するための衝突防止センサと；果物を探して最適なナビゲーションルートを感知するためのナビゲーションカメラと；果物が熟れていることを確認するための果物カメラ（任意で前述と同じカメラ）と；果物が熟れていることを確認するための圧力センサと；木から果物を分離するためのパームと統合したドローンを示す。
【００２９】
図１のロボットアームは、標準のロボットアームであってもよく、その長さは、枝に触れ

ることなく又は枝にソフトタッチで、枝に突き出て果物に近付くために十分な長さが必要であるが、ドローンを不安定にするのを回避するために十分短い必要がある。図１に示すロボットアームは、少なくとも２自由度を有するフレキシブルなアームであって、ドローンを移動させることなく果物に近付くことを可能にする。特定の実施形態では、図２Ａ～図２Ｄに示すように、ロボットアームは、しっかりと固定されたアームであって、果物に達して果物を採るためにドローンを移動させる必要がある。

【００３０】

図２Ａ～図２Ｄで示す、固定されたロボット収穫アームは、上に取り付けられてもよく（図２Ｃ）、又は底に取り付けられてもよく（図２Ａ及び図２Ｄ）、又はドローンの側面に取り付けられてもよく、又は任意の組合せで取り付けられてもよい（図２Ｂ）。この例は、図１に示すフレキシブルなロボットアームとは対称的で、固定されたロボットアームである。本構成では、アームを移動させるのではなく、ドローンを移動させることによって果物に近づく。ドローンは、自身のフィードバック及びモータの制御を行い、特別な制御のハードウェアは、果物に近付くのに必要としない。本出願の意義は、本制御システムが、手頃な価格で解決できることを意味する低コストで低電力であって、より長い飛行時間とより長い平均故障間隔（ＭＴＢＦ）を意味する低重量であることにある。

【００３１】

本発明の果物収穫デバイス／ＵＡＶのある実施形態では、収穫ユニットは、任意でヒンジを有する収穫専用のアームである。特定の実施形態では、収穫アームは、果物を引っ張るための果物把持機構を有する引っ張りアーム、又は木から果物をカットするための果物カット機構を有するカットアーム、又はその組合せである。さらに、他の特定の実施形態では、収穫アームは、引っ張りアームである。あるいは、収穫アームは、（果物が引っ張られて茎が露出したときに果物をカットするための）カット機構と組み合わされた（果物を引っ張るための）引っ張りアームを備える。一実施形態では、ＵＡＶは、真空管を備える。

【００３２】

本発明の果物収穫デバイス／ＵＡＶのある実施形態では、収穫アームは、ケージ内の専用の開口を通じて通過し、前記果物を把持して、任意で引き離すように設計される。

【００３３】

図２に示す本発明のＵＡＶは、ドローンの近くの果物を探すナビゲーションカメラと；例えば環境の色及び形状から果物の色及び形状を分離することによって、果物の位置を検出するアルゴリズムとを含む。ここで、追加のアルゴリズムは、果物に向けてドローンアームを移動／ナビゲートするための、前記ナビゲーションカメラ及び前記果物カメラから取得される情報を用いてドローンをナビゲートする。

【００３４】

本発明のいくつかの実施形態に係るＵＡＶによる果物の収穫は、図１に示すように、すなわち、果物を保持する収穫アームを移動させることによって、又は図２に示すように、すなわち、固定の収穫アームが果物をつかんだ後ドローン全体を移動させることによって、又はその組合せによって行われる。周囲の衝突防止センサが、一方向の測定範囲が短すぎる場合（例えば約２～５ｃｍ）、ドローンは、その移動を反対側に固定する。収穫アームが果物に近付いたとき、アルゴリズムは、移動させることなく固定位置でホバリングさせるようにドローンの位置を維持し、移動させることなくナビゲーションカメラの情報を用いることができる。第３のアルゴリズムは、果物カメラ及び圧力センサから取得されるパラメータを用いて、果物が熟れていることを確認するために用いられてもよく、これらのパラメータの任意のパラメータは、果物の色、大きさ、及び軟らかさであるが、さらに完熟度の検出技術が用いられてもよい。果物が熟れていることをアルゴリズムが決定するか又は採集するのに適していることを決定したとき、果物の採集段階が始まる。この段階で、アームはパームを閉じて果物を保持することができる。木からの果物の分離は、果物の種類、木の種類、果物を分離するのに必要な力の量、及び果物の成熟度／完熟度に応じて、任意の所望の方法で行われる。例えば、小さな力が必要な場合、例えば４００グラム以下では、ドローンのモータは、木から果物を引っ張るために移動させることができ、当該

移動は、回転有りで及び回転無しで木の方向と反対であってもよい。一方、より大きな力が必要な場合、例えば図３、図９、図１０、図１３、図３２～図３５に示すような特別なアームは、果物をカットするか、枝と果物との間に任意の力を発生させ／加えることなく、ドローン自体に力を発生させ／加えることなく、木から分離するために用いられてもよい。図１０に示すように、パームの第１の部分は枝を保持し、パームの第２の部分は果物を枝から押し離す。追加の方法は、枝（茎）との果物の接続をカットするための、図９及び図１３のような鋸又はナイフの使用を示す図３と；茎をカット又はちぎりながら果物を覆うことを示す図３２Ａと；隠れているときに茎を引っ張るためのループの使用を示す図３２Ｂと；ワイヤが果物に対して押し付けられるときに開口する２つのループによる果物の保持を示す図３２Ｃと；木から果物を引っ張るための真空ポンプの使用を示す図３２Ｄとに表される。

【００３５】

図７に示すような本発明のビデオデータ、及び距離センサ又は立体カメラから来る距離データは、閉ループ制御をして木に近付くために用いられる。図７の画像は、視野内に目標の果物又は枝を有し、収穫アームは、様々なタスクを実行するために用いられる。あらゆる３Ｄフレームに関して、本発明のＵＡＶは、誤差のピクセル数に応じてミリメートルの誤差ｄｘ，ｄｙを測定する。

【００３６】

【数１】

$$dx = tan(IFOV\ x\ X_error_pixel_num)x\ Range,$$

$$dy = tan(IFOV\ x\ Y_error_pixel_num)x\ Range,$$

ＩＦＯＶは、（水平方向のＦＯＶ）／（カメラの水平方向のピクセル数）である。３Ｄカメラ及びＩＦＯＶによって取得される場合の範囲は、視覚システムのパラメータであるピクセル視野である。Ｄｚは、果物の範囲を差し引いたアームの端部の範囲である誤差範囲である。本発明のアームは、３Ｄカメラの視野内にある。

【００３７】

また、固定アームを有する本発明のＵＡＶでは、ＵＡＶのコンピューティングシステムは、３Ｄの誤差を修正するために、ＵＡＶのプロップモータ（ｐｒｏｐ　ｍｏｔｏｒ）を制御する。あるいは、２～３軸のアームを有するＵＡＶでは、ＵＡＶのコンピューティングシステムは、さらに、３Ｄの誤差を修正するために、収穫アームのモータを制御する。

【００３８】

図８は、閉ループ制御のプロセスを説明する。ＵＡＶのコンピューティングシステム／タスクプロセッサは、誤差の値を計算し、次の目標ホバリング位置Ｘ，Ｙ，Ｚ及び次のピッチヨー角を特定する。ホバリングコントローラは、それを移動コマンド（前後／上下／回転／傾斜／ピッチ等）に変換する。飛行コントローラは、ＵＡＶのモータのそれぞれの速度を特定する。モータコントローラは、モータの速度を所望の速度に維持する。速度が変更された後、ＵＡＶは、その位置（状態）を、ＧＰＳ及び／又はＩＭＵから取得される新しい位置、速度、加速度に変更する。より小さい誤差数を有する新しい３Ｄ画像が取得される。３Ｄのビデオにおける誤差がイプシロンよりも小さいときに、ドローンは、目標の果物／枝を、切り離し／保持／引っ張る状態にある。

【００３９】

本発明の果物収穫デバイス／ＵＡＶのある実施形態では、アームの操縦がＵＡＶ全体の操縦によって行われるように、収穫アームは、ヒンジが無い固定アームである。あるいは、収穫アームが移動可能であるとき、アームの操縦は、ＵＡＶ全体及び／又はアーム自体を操縦することによって行われる。例えば、収穫アームは、１自由度を有していてもよい。すなわち、アーム全体が前後に移動する。または、収穫アームは、伸縮を可能にする伸縮自在な移動をしてもよい。または、収穫アームは、任意で、例えば上下／左右の横移動を

してもよい。または、収穫アームは、Ｘ軸上でねじる／回転の機能を有していてもよい。または、収穫アームは、任意の組合せであってもよい。

【００４０】

ある実施形態では、本発明の果物収穫デバイス／ＵＡＶの収穫アームは、水平方向である（図２Ｄ）。他の実施形態では、それは垂直である（図２Ａ）。さらに、他の特定の実施形態では、アームは、「ｒ」形状を有し、すなわち、ＵＡＶの本体から僅かに持ち上がり、そして水平方向に延びる（図２Ｃ）。

【００４１】

本発明の収穫デバイスの特定の実施形態では、収穫アームは端部にループを有するワイヤを備える中空管であって、ループが果物の隠れた茎（すなわち、枝との接続）をつかんで、ＵＡＶにかかる力を最小限にして果物を引っ張るかカットすることができる。さらに、他の特定の実施形態では、前記中空管の端部は、（例えば図３２Ｂに示すように）例えば枝から果物を切り離すのを補助する鋭い刃やギロチン機構のような、前記果物をカットするためのカットユニットをさらに備える。

【００４２】

本発明の収穫デバイスのある実施形態では、収穫アームは、ループが茎に近付くまで果物に対して押し出されたときに、果物を覆う２つのワイヤループを備え、それによって、ＵＡＶが果物を引っ張るのを可能にする。

【００４３】

本発明の収穫デバイスのある実施形態では、収穫アームは、果物保持／把持機構（例えば、図３２Ｃに示すような、はさみ、クランプ、ロボットフィンガー）を備える。本発明の収穫デバイスのある実施形態では、木から果物を引き離す真空ポンプによって果物が引っ張られる。

【００４４】

本発明の収穫デバイスのある実施形態では、収穫アームは、果物を枝から取り去るのを補助するための果物カットユニット（例えば、剪定ばさみ、鋸、はさみ、植木ばさみ）をさらに備える。

【００４５】

本発明の収穫デバイスの特定の実施形態では、収穫ユニットは、果物を覆うのに適した前記ケージ内の開口部である。特定の実施形態では、前記ケージ内の開口部は、ＵＡＶが枝から果物を引き離して果物を覆った後、所定の位置に前記果物を保持／確保するための手段をさらに備える。さらに、別の特定の実施形態では、前記ケージ内の前記開口部は、枝から果物を切り離すのを補助するために前記果物をカットするためのカットユニット（例えば鋭い刃やギロチン機構）を備える。

【００４６】

木／枝から果物を分離した後、ドローンは、果物を収集ポイントに持って行くか、地面に投げる／落とすか、採集を開始する前に木の周囲又は果物の容器の近くに取り付けられる収集ベース／トランポリンに投げる／落とす。図４は、当該収集ベースの使用を説明する。本ベースは、トランポリンや枕のように軟らかい。当該ベースの使用は、落下時に果物が傷付くのを防止するためであって、収集箱へ収集するためである。

【００４７】

図１８は、本発明の収穫ドローンの群、隊と、収集ベース（トランポリンを有するか又は有しないバスケット）と、安全ブレスレット又は安全ビーコンを身につけた農作業者とを示す、本発明のいくつかの実施形態に係るシステムの斜視図である。図１８は、いくつかの収穫ＵＡＶと、全てのＵＡＶの移動を計画するための中心基地とを含むフルシステムの機能性を示す。各々のＵＡＶは、基地ステーションに対するリアルタイム配置システムを備える。システムは、収穫される果物を収集するための収集ベースをさらに備える。システムは、ドローンによる怪我から保護するために、果樹園において前記ドローンの近辺で働く人々のために安全ブレスレットをさらに備えてもよい。

【００４８】

図５及び図６は、いくつかのドローンを含むフルシステムの機能性を示す。全てのドローンは、ワイヤ／ケーブルでキャリアに接続される。キャリアは、以下のアイテム、すなわち、木を見て可能性のある果物を探す探索カメラと；ドローンのためのルートを生成するプロセスユニットとを含む中心基地を有する。また、カメラは、ドローン及び果物の位置を追跡して、果物へ移動するようにドローンを案内する。ドローンが果物を保持したとき、ケーブルは、ドローンを押し上げて果物を採集する。同じことを側面からも行うことができる。また、ケーブルがエネルギーをドローンに伝達するために用いられ得るので、本コンセプトは、よりエネルギー効率がよい。また、本コンセプトは、ドローンの位置及び果物の位置について視覚フィードバックを有する。特に、図６に示す中心基地の設置は、優れた通過性を有して、より柔軟で可動性がある。

【００４９】

ある実施形態では、さらに、本発明のＵＡＶのネット／ケージは、内側の果物に近付くために枝及び葉に入り込むのを支援して、危険からドローンプロップを保護する。

【００５０】

従来、ドローンは、図９に示すような剪定ばさみを保持していない。しかしながら、ある実施形態では、本発明のドローンは、例えば、枝との果物の接続が（３Ｄ）カメラによって可視化されて剪定ばさみによって近付くことができる場合に木から果物を分離するために剪定ばさみを有する収穫アームを備える。果物が比較的大きくて目に見える木の適切な例は、アボカド、マンゴー、グレープフルーツである。そのような大きな果物は、細くて目に見える茎を通じて枝につながる。剪定ばさみは、茎をカットして果物を分離し、その後、ＵＡＶ／収穫アームによって保持されるバスケットへ、又は地面上に又はパームによって保持されるトランポリンへ落下する。

【００５１】

ある実施形態では、本発明の果物収穫デバイス／ＵＡＶは、収穫の際に果物を傷つけることなく、軟らかい殻の果物を収穫するのに適しており、そのために用いられる。

【００５２】

ある実施形態では、本発明の果物収穫デバイス／ＵＡＶは、茎が隠れていて、果物検出ユニットへ又は果物収穫／カットユニットへの視線（ｌｉｎｅ　ｏｆ　ｓｉｇｈｔ）がない果物を収穫するために用いられる。

【００５３】

特定の実施形態では、本発明のＵＡＶは、次の少なくとも１つをさらに備える。

（ｉ）任意で前記果物検出ユニットの一部として、果物にロックオンして、前記収穫ユニットが前記果物又はその茎をつかむまで、前記コンピューティングシステムと共に、ＵＡＶの移動及び／又は収穫アームを制御するように設計される視覚システム；

（ｉｉ）別の方向から果物を検査してそれによって果物にロックオンするのを支援するための追加のカメラ又はミラー；

（ｉｉｉ）収穫される果物を収集するための収集ネット；

（ｉｖ）前記収穫ユニットが反対の方向に果物を引っ張る際、枝を押しのけるように設計される追加の押し出しアーム；

（ｖ）枝から果物を引っ張るとき前記ＵＡＶを後方に引っ張るのを補助するための垂直モータ（ｖｅｒｔｉｃａｌ　ｍｏｔｏｒ）；

（ｖｉ）位置決めユニット。

前記コンピューティングシステムは、果物の品質を特定するための、及び／又はＵＡＶを完全に独立／自律可能にするためのアルゴリズムをさらに備える。果物の品質を特定するためのアルゴリズムは、モータの消費電流によって、及び／又はケージに配置される追加の重力測定ユニットによる測定によって計算される果物の重量測定を用いる。前記ケージは、ＵＡＶが前に移動するにつれて葉及び枝を押しのけることによって梢／葉に入り込むのを補助するために円錐形状を有し、ＵＡＶが、ＵＡＶ自体に力がかかることなく枝から果物を引っ張ることができるように、ケージにかかる力を測定するための圧力センサを備える触覚で感知可能なケージである。前記果物は、任意で軟らかい殻の果物であって、前

記収穫は、果物を傷つけることなく、及び／又は果物の茎が隠れているときに行われる。
【００５４】
通常、ＵＡＶのバッテリは、不安定性を回避するために中心に置かれる。したがって、図１１Ａに示すように、本発明のいくつかの実施形態に係るドローンの収穫アームは、果物を保持することができるパーム／グリップ機構を有する。パームは、いくつかのフィンガー、フレキシブルなキャブ、又は真空機構を備えてもよい。アームは長いので、不安定にするモーメントをを発生させ、それによりドローンをクラッシュさせる不安定な飛行をもたらし、又はモーメントを補うためにエネルギーを浪費し得る。したがって、ドローンのアームモータは、ドローンのバッテリ／エネルギーパックと同様に、ドローンの他方側に設けられる。この非中心に設けることにより、モーメントを平衡させる。
【００５５】
果物が採集されるとき、果物の重量は、ドローンにモーメントを発生させ、不安定な飛行及びエネルギーの浪費をもたらす。この不安定性を解決するために、本発明のＵＡＶは、ドローンを安定させるために軸に沿って移動することができる移動可能なバッテリを有する。果物がないと、バッテリは、偏心しているが、ＵＡＶの中心近くに配置される。果物があると、バッテリ及びモータは、後方に移動して果物の重量とは反対のモーメントを精製する。図１１Ａに示すように、ドローンは、果物無しで安定している。一方、図１１Ｂでは、果物と共にドローンが安定しているとき、ドローンの重心からのバッテリ／エネルギーパック及び／又はアームモータの距離が増加する。
【００５６】
果物を保持して軸に沿ってバッテリを移動させるように設計される機構が図１１Ｃで説明される。バッテリは、開閉アーム機構に接続される。アームが閉じるとき、バッテリはより中心に配置されて、アームが開くとき、バッテリはより偏心して配置される。
【００５７】
したがって、ある実施形態では、本発明の収穫ＵＡＶは、収穫の間にＵＡＶを安定させるために、軸に沿ってバッテリ／エネルギーパックを移動させることができる、安定するバッテリ／エネルギーパック機構を備える。
【００５８】
ある実施形態では、本発明の果物収穫デバイス／ＵＡＶは、前記収穫ユニットが反対方向に果物を引っ張る際、枝を押しのけるように設計される追加の押し出しアームをさらに備える。
【００５９】
ある実施形態では、前記押し出しアームは、例えば水圧又は機械的に延長可能であって、それによって、枝から果物を引っ張るために、ＵＡＶを後方へ引っ張ることなく枝を押しのけることができる。代替の実施形態では、押し出しアームは固定アームであって、収穫アームは、例えば水圧又は機械的に収納可能であって、それによって、移動を防止しながら、ＵＡＶ自体の引っ張り力を用いることなく、枝から果物を引っ張ることができる。さらに、別の特定の実施形態では、ケージは、収穫ユニット／アームと共に果物を引っ張りながら枝を押しのけることによって、前記押し出しアームとして機能する。
【００６０】
図２６に示すように、収穫の引っ張りアーム（Ｃ）は、果物を保持してＵＡＶへそれを引っ張る。同時に、ケージ／ネット（Ａ）の正面を押し出すと、反対方向の押し出し力（対抗力）を生成する。特に、生成される力は、ドローンのモータの上昇力に影響を与えない。また、特定の実施形態では、ケージ／ネットは、収穫される果物のキャリア（ケージ（Ｂ）の一部である果物収集バスケットＤ）として用いられ、果物を取り出し／放出するためのバックドア／開口部（Ｅ）をさらに備える。このような構成では、溜まった果物の全重量によってＵＡＶを安定させるために、ＵＡＶは、収穫アーム及び／又はバッテリパック及び／又は考えられる外部の重量を伸縮（例えば前後に移動）させることができる。
【００６１】
本発明の果物の収穫デバイス／ＵＡＶの特定の実施形態では、ケージ及び／又は押し出し

アーム（存在する場合）、任意で果物のカットユニットの補助とともに（存在する場合）、ＵＡＶ自体、すなわち上昇力を生成するモータ／エンジンに力を加えることなく枝から果物を引っ張ることができる。

【００６２】

ある実施形態では、所望の引っ張り力が小さい場合、すなわち収穫される果物の種類及び果物のベリティ（ｖｅｒｉｔｙ）が木から容易に取り去られる場合、例えば、ドローンのモータの上昇力を減らして果物を引っ張るために重力を用いる（図２７）ことによって、標準のＵＡＶのモータ又はＵＡＶの重量だけで、木から果物を切り離すのに十分である。果物を木からちぎった後、上昇力を安定させるように始動する。あるいは、果物をちぎるためにより強い引っ張り力が必要な場合、ＵＡＶは、果物の引っ張りを補助するために少なくとも１つの別の垂直モータ（図１２）をさらに備える。したがって、特定の実施形態では、本発明のＵＡＶは、枝から果物を引っ張るときに前記ＵＡＶを後方に引っ張るのを補助するために垂直モータをさらに備える。

【００６３】

したがって、ある実施形態では、本発明の果物収穫デバイス／ＵＡＶは、枝から果物を引っ張るときに前記ＵＡＶを後方に引っ張るのを補助するための垂直モータをさらに備える。図１２に示すように、本発明のＵＡＶは、果物を保持して木から引っ張るための収穫アームを有する。本構成で提案される反対のパワーは、引っ張り力を超える反対の力（対抗力）を生成するための垂直又は半垂直のプロップ（支柱）である。本構成は、保持／把持アーム（カットアームではない）で採集される果物用に設計され、必要とされる引っ張り力は、通常のドローンの力よりも大きい。本システム及び方法は、例えばリンゴ、アプリコット、オレンジ等の、ほとんどの軟らかい殻の果物のように、隠れた茎を有する果物のために用いられる。

【００６４】

図１３Ａ～図１３Ｄは、本発明の収穫アームの特定の実施形態を示す。果物は、茎を通じて枝と繋がっている。本構成により、隠れていてカメラによって見ることができず、剪定ばさみを近づけることができない場合であっても、茎をカットすることができる。本構成は、ワイヤ／ケーブルと、任意でナイフを含む。ケーブルは、果物の茎がカットされて果物が枝から分離されるまで絞り込むか、又はケーブルは、絞り込むことなく、茎に触れて引っ張るだけである（図３２Ｂ）。代替構成では、収穫アームは、２つのワイヤループを備える（例えば図３４に示す）。ワイヤループは、ループが茎に近付くまで果物に対して押し出されたとき、果物の異なる側から各々のループで果物を覆う。そしてＵＡＶは、果物を引っ張ることができる。

【００６５】

また、図１３Ｃ及び図１３Ｄでは、１又は複数の果物を収集するためのバスケットを備える構成を示す。バスケットは、収集ベースに果物を送るための底穴を有する。

【００６６】

したがって、ある実施形態では、本発明の果物収穫デバイスは、収穫される果物を収集するための収集ネットをさらに備える（例えば図１３Ｃ及び図１３Ｄに示す）。特定の実施形態では、ＵＡＶのケージ／ネットは、前記収集ネットとして機能する（例えば図２３～図２５及び図３１～図３４に示す）。

【００６７】

図１４に示すように、本発明の収穫ＵＡＶは、枝を移動させて木の葉及び枝を通ってＵＡＶが入り込むのを補助するために用いられるケージ／ネットを含む。ネットは、アームから葉を押しのけて木の内側の果物をより多く検出することができる固有の円錐形状を有する。特定の実施形態では、図１４Ｂに示すように、ケージ／ネットの穴は、葉の大きさの約１／３（Ｎ／Ｗ＜１／３）の固有の密度を有する。

【００６８】

したがって、ある実施形態では、ＵＡＶが前方に移動するにつれて葉及び枝を押し出すことによって、梢／葉に入り込むのを補助するために、本発明の果物収穫デバイスのケージ

／ネットは、円錐形状である。
【００６９】
ある実施形態では、ケージのワイヤ間の穴／空間は、葉が入り込むのを防止するのに十分小さい。例えば、穴は、直径約１ｃｍから約５ｃｍである。特定の実施形態では、穴の大きさは、葉の大きさの約１／３である。任意で、ケージは、収穫アームが延びる少なくとも１つの大きな開口部を有する。特定の実施形態では、穴の密度は、前面でより高く、上面でより低い。
【００７０】
ある実施形態では、本発明の果物収穫デバイスは、任意で前記果物検出ユニットの一部として、視覚システムをさらに備える。果物検出ユニットは、果物にロックオンして、前記収穫ユニットが前記果物又はその茎をつかむまで、前記コンピューティングシステムと共に、ＵＡＶの移動及び／又は収穫アームを制御するように設計される。特定の実施形態では、収穫デバイスは、別の方向（例えば後方）から果物を見てそれによって果物にロックオンするのを支援するための別のカメラ又はミラーをさらに備える。
【００７１】
本発明の果物収穫デバイスのある実施形態では、コンピューティングシステムは、果物の品質を特定するためのアルゴリズムをさらに備える。ある実施形態では、果物の品質を特定するための前記アルゴリズムは、収穫される果物の種類に応じて、完熟度を含む果物の品質を特定するための以下のパラメータの少なくとも１つを用いる：色、含水量、硬さ／軟らかさ、輝き、大きさ、季節、スポットのダメージの検査、果物を分離する力（果物が熟している程、より容易に引っ張りやすくなる）、重量。
【００７２】
特定の実施形態では、果物の品質を特定するためのアルゴリズムは、モータの消費電流によって、及び／又はケージに配置される別の重力測定ユニットによる測定によって計算される果物の重量測定を用いる。
【００７３】
本発明の果物収穫デバイスのある実施形態では、木からの果物の引き離しは、重力によって、すなわちＵＡＶの上昇力を減らして重力によりＵＡＶ及びそれによって把持される果物を引き下げることによって行われる。特に、果物が分離された後、ＵＡＶのエンジンは、ＵＡＶを空中で維持させるために下降力と釣り合いをとって地面にクラッシュするのを防止する。
【００７４】
ある実施形態では、本発明のＵＡＶは、木から果物を引っ張るための手段として重力を用いることができる。図２７に示すように、収穫アームが果物を保持したとき、ドローンは、上昇力を減らして、重力により果物と共にドローンを引き下げることができ、それによって果物に対する引っ張り力を生成する。果物が分離されるとき、ＵＡＶのＩＭＵは、この事実、すなわちＵＡＶが落下し始めたことを検出して、上昇力及び安定させる力を増加させるために、ＵＡＶのモータを再始動／増加させる。
【００７５】
代替の又は別の実施形態では、図２８Ａ～図２８Ｂに示すように、果物は、本発明のＵＡＶの収穫アーム（Ｃ）によってケージ／ネットへ引っ張られて、果物が指定の開口部（Ａ）を通じてケージ／ネットに入ったとき、カット機構／ギロチン（Ｆ）は果物の茎をカットする。そして、果物はフリーとなり、地面／収集ユニットへ落ちるか、ケージ／ネット（Ｄ）に転がり、ＵＡＶによって収集地点へ運ばれる。代替の実施形態では、カットナイフ／ギロチンの代わりに、枝を保持するホルダー、及びホルダーで枝を保持した後果物を引っ張るアームがある。さらに別の実施形態では、カットナイフ／ギロチンの代わりに、収穫アームが果物を引き離す間に枝を保持／カットするワイヤループがある。
【００７６】
本発明の果物収穫デバイスのある実施形態では、ケージは、触覚で感知可能なケージである。これは、木の近くで自律的に操縦して木に接触するのに不可欠であって、木から押し

引きの力がかかるのを可能にして、より強く押すか、戻って別の方向から果物に近付くかを把握するのを可能にする。特定の実施形態では、触覚で感知可能なケージは、ケージに加わる力を測定するための圧力センサを備える。当該力は、風、及び／又は例えば枝及び葉等の障害物によるものであってもよい（図２５に示す）。さらに別の特定の実施形態では、触覚で感知可能なケージは、ケージ及びＵＡＶの加速度を測定するための、少なくとも２つの慣性計測ユニット（ＩＭＵ）を備える。ＵＡＶの本体がケージの加速度と比較して遅い加速度であることを測定値が示した場合、このことは、ケージが障害物と接触している（ケージが本体よりも早く障害物に反応している）ことを意味する。

【００７７】

図２４に示すように、ある実施形態では、ケージ（Ａ）は、機械的なアダプタ（Ｄ）を通じてドローン本体に接続される。力計又は圧力計は、当該機械的なアダプタに取り付けられて、ドローン／ケージにかかる圧力を測定する。ドローンが木を上から押した場合、圧力センサは、木によってケージ／ネットに係る反対の圧力量を感知し、ドローンが木を正面（Ｂ）から押した場合、力の量は、正面に配置される圧力センサ（Ｃ）によって測定され、収穫アームが果物を引っ張る場合、引っ張り力もセンサ（Ｃ）によって測定される。また、力センサは、例えばケージによって運ばれる果物の重量を測定する。

【００７８】

図２５Ａ～図２５Ｃに示すように、ある実施形態では、いくつかのＩＭＵがドローンに（少なくとも１つがドローン本体に、１つがケージ／ネットに）取り付けられて、ドローンのコンピュータは、力のアルゴリズムを備える。ＵＡＶ内の全てのＩＭＵは、同時にサンプリングされて、サンプリングされたデータは分析される。木のような外部の物体からケージ／ネットに加速度（力）が加わった場合（図２５Ｂの下図）、力は、内部のＩＭＵよりも外部のＩＭＵで最初に検出される。ドローンのモータによって力が生成される場合（図２５Ｂの上図）、力は、外部のＩＭＵよりも内部のＩＭＵで最初に検出される。ケージとドローン本体との間のアダプタは、収縮性能を有してフレキシブルであるため、外部からの圧力は、ドローン本体よりもケージ内のデクサレーション（ｄｅｃｓａｌｅｒａｔｉｏｎ）にまず発生する。例えば、速度１０ｃｍ／秒のドローン、１ｃｍの収縮性能の収縮アダプタにおいて、収縮時間は０．１秒であって、１００ＨｚのＩＭＵにおいて、収縮プロセスは１０サンプルを取得する。アダプタが１mm以内で収縮する場合、ＩＭＵは、約１ｋＨｚのサンプリングレートが必要である。

【００７９】

したがって、ある実施形態では、本発明の収穫ＵＡＶは、コンピューティングシステムの力アルゴリズムと組み合わせて、触覚で感知可能なケージであるケージ／ネットと、（１つがドローン本体に、１つがケージに）取り付けられるいくつかのＩＭＵとを備える。ＩＭＵは、同時にサンプリングされて、サンプリングされたデータは分析される。木のような外部の物体からネットに加速度（力）がかかった場合、力は、内部のＩＭＵよりも外部のＩＭＵでまず検出される。力がドローンのモータによって生成される場合、力は、外部のＩＭＵよりも内部のＩＭＵでまず検出される。ケージとドローン本体との間のアダプタは、収縮性能を有してフレキシブルであり、その結果、外部からの圧力は、ドローン本体よりもケージのデクサレーションにまず発生する。例えば、速度１０ｃｍ／秒のドローン、１ｃｍの収縮性能の収縮アダプタにおいて、収縮時間は０．１秒であって、１００ＨｚのＩＭＵにおいて、収縮プロセスは１０サンプルを取得する。アダプタが１mm以内で収縮する場合、必要とされるＩＭＵのサンプリングレートは、１ｋＨｚである。

【００８０】

ある実施形態では、前記圧力センサは、例えば、枝から特定の果物を取り去るのに加える必要がある引っ張り力の量を計算することによって、収穫プロセスを補助するデータを提供するために、前記コンピューティングシステムと関連付けられる。特に、木の枝に対してケージによって発生する反対方向の圧力は、果物を引き離すのを補助して、果物を採集するために、ＵＡＶを引き離すのに必要な力の量を減らす。さらに、例えば風及び／又は枝によってケージにかかる圧力は、ＵＡＶの移動及び操縦を制御するために用いられても

よく、例えば、枝によって、あまりにも強い反対方向の力が発生した場合、ＵＡＶは、自律的に方向を変えて別の方向から果物に達することができる。

【００８１】

例えば、図２５Ｃに示すように、以下の方程式を用いることができる。

【００８２】

【数２】

$$\langle V_{equivalent}\rangle = {}^{-A_{target}}\!/_{R_{target}}\langle V_{target}\rangle + \sum_{1}^{n} {}^{A_i}\!/_{R_i^2}\langle V_i\rangle + \sum_{1}^{n} B_i\langle F_i\rangle$$

ここで、Ｄは、ＵＡＶの３Ｄの外形、Ｔは、木の３Ｄの外形、Ｆは、目標の果物の外形、Ａは、木ＴからＵＡＶ（Ｄ）の範囲で仮想的に発生して、距離センサのデータを用いることによって計算される仮想の力の係数である。Ｂは、圧力－力センサ又は慣性計測ユニット（ＩＭＵ）によって測定される物理的な力Ｆの係数である。発生するベクトルＶｅｑｕｉｖａｌｅｎｔは、障害物の方向を示し、回避ベクトルは－Ｖｅｑｕｉｖａｌｅｎｔである。

【００８３】

ある実施形態では、本発明のＵＡＶの電源は、再充電可能な電源である。特定の実施形態では、電源は交換可能であり、長時間の充電期間の必要性がなく、ＵＡＶによって連続的に収穫できるようにするために、数秒以内に容易に交換することができる。

【００８４】

ある実施形態では、本発明のＵＡＶの電力は、光起電性であって、日中にＵＡＶに対して一定の電力を供給することができる。

【００８５】

ある実施形態では、本発明のＵＡＶは、飛行時間が短くなるように設計されるが、スーパーキャパシタ等の超急速充電のエネルギー源を有する。図２９に示すように、キャパシタ／パワーパック（Ａ）は、充電のコンタクト（Ｂ）を有し、その結果、ＵＡＶが地上ステーションの着陸ステージ（Ｋ）に着陸するとき、その充電のコンタクト（Ｅ）は、キャパシタのコンタクト（Ｂ）に押し付けられて、ＵＡＶの本体はキャパシタの充電を開始するために安全ボタン（Ｆ）を押す。特定の実施形態では、ＵＡＶが果物を運ぶ場合、ケージ／ネット内の果物放出窓／ドア（Ｃ）は、果物をＵＡＶから果物収集容器に放出／移すことができるように、充電中開口している。果物の落下速度は、容器に配置されるトランポリンによって減速されて、最終的に、果物は、入ったときに果物が傷付くのを防ぐために、任意で例えば発泡体（ｆｏａｍ）等の軟らかい保護を有する容器（Ｊ、Ｇ）内に入る。

【００８６】

したがって、ある実施形態では、本発明のＵＡＶの電源は、急速充電の電源ユニットであって、デバイスが収穫された果物を放出するとき、近くの充電器によって数秒以内に充電することができる。特定の実施形態では、前記急速充電の電源ユニットは、スーパーキャパシタである。

【００８７】

本発明の収穫ＵＡＶのある実施形態では、コンピューティングシステムによって、ＵＡＶは、手動制御の必要がないように、完全に独立／自律することができる。

【００８８】

ある実施形態では、本発明の収穫ＵＡＶは、位置決めユニット（ＧＰＳやＬＰＳや超広帯域無線又は視覚的な位置決めシステム）をさらに備える。

【００８９】

本発明は、本発明の１又は複数のＵＡＶの飛行及び／又は収穫ミッションを調整するための制御ユニットをさらに提供する。

【００９０】

本発明は、本発明の１又は複数のＵＡＶの飛行及び／又は収穫ミッションを調整するための制御ユニットをさらに提供する。

【００９１】

本発明は、果物を収穫するためのシステムをさらに提供する。前記システムは、（ｉ）前述の請求項のいずれか一項に記載の少なくとも１つの果物収穫デバイスと、（ｉｉ）前記少なくとも１つの果物収穫デバイスを調整するための、熟した果物の収穫を調整するための制御ユニットとを備える。特定の実施形態では、本発明のシステムは、収穫される果樹園の境界を特定するための少なくとも１つのアンカーユニットをさらに備える。他の特定の実施形態では、本発明のシステムは、収穫される、落下する果物を受け取るために、各々の木の下方又は近くに配置されるトランポリンをさらに備える（例えば図４に示す）。

【００９２】

本発明の収穫システムのある実施形態では、ＵＡＶは、電力を供給する地上ステーションに有線で（ｗｉｒｉｌｙ）接続されて、センサの一部が任意で前記地上ステーションに取り付けられる（図５～図６に示す）。

【００９３】

本発明は、果物を収穫する方法をさらに提供する。当該方法は、（ａ）本明細書で前述した収穫デバイス又はシステムを提供するステップと；（ｂ）果物検出ユニットを用いて木を識別して近付くステップと；（ｃ）果物検出ユニットによって収穫される果物を自律的に識別／検出するステップと；（ｄ）果物にアクセスして従事させるようにＵＡＶを操縦するステップと；（ｅ）識別／検出される果物を収穫するステップと；（ｆ）所望の又は所定のパラメータによって、前記木から全ての果物が収穫されるまでステップ（ｂ）から（ｅ）までを繰り返すステップとを含む。

【００９４】

本発明は、果物を収穫する方法をさらに提供する。当該方法は、（ａ）果物を収穫するために自立型無人航空機（ＵＡＶ）を農園へ送るステップと；（ｂ）木又は木のラインを自律的に識別してそこに面するステップか、又はＵＡＶに対する木の位置及び方向を外部デバイスから受信するステップと、（ｃ）前記木で収穫される果物を果物検出ユニットによって識別／検出するステップと、（ｄ）前記識別される果物にアクセスして従事させるようにＵＡＶを操縦するステップと、（ｅ）識別／検出される果物を収穫するステップと、（ｆ）ステップ（ｂ）からステップ（ｅ）まで繰り返すステップとを含む。

【００９５】

ある実施形態では、本発明の方法は、果物収集エリアに、収穫された果物を運ぶステップをさらに含む。ある実施形態では、いくつかの果物収集容器があって、ＵＡＶは、品質の分析を行って、果物の品質に応じて適切な容器に収穫された果物を運び、これによって、フィールドで事前に果物の品質の選別が可能になる。

【００９６】

ある実施形態では、本発明の方法は、収穫及び収集中に、傷つけない方法で、すなわち果物の皮及び／又は果肉を傷つけずに、軟らかい殻の果物を収穫するためのものである。

【００９７】

ある実施形態では、本発明の方法は、隠れた茎を有する、すなわち果物検出ユニットから茎が見えない果物を収穫するのに適している。これは、例えば、図１３Ａ～図１３Ｄに示すようなループの収穫機構によって、及び／又は別の方向から果物を検査するための前記別のカメラ又はミラーの支援によって、実現することができる。

【００９８】

さらに別の実施形態では、本発明の方法は、果物を落とさず発生し得るダメージを与えることなく、ＵＡＶによって、収穫される果物を運ぶステップをさらに備える。当該運搬は、実際に果物を収穫したＵＡＶによって（収穫アームで各々の果物を運ぶことによってか、果物搬送バスケット／ネットによってか、ドローンのケージ／ネットによって）か、専用の果物搬送ＵＡＶによって行われてもよい（例えば図３１に示す）。

【００９９】

ある実施形態では、図３１に示すように、強力なプロップ／モータＵＡＶが、重い及び／又は大量の果物（例えば１０ｋｇ以上、５０個以上のリンゴ）を運ぶために提供される。当該ＵＡＶは、収穫される果物を収容するための指定のバスケットを備えてもよく、いっぱいになるまで静止していてもよく、また、収穫される果物を収集するために収穫ＵＡＶ間で果樹園内で移動してもよい。

【０１００】

本発明の方法のある実施形態では、収穫中の引っ張り力の発生は、ＵＡＶの水平モータに影響を与えない。本発明の方法の特定の実施形態では、収穫ＵＡＶは、木から果物を採るために、反対方向の押し出し力を用いる。本発明の方法のさらに別の特定の実施形態では、奥にある果物に近付くためにＵＡＶが葉を突き出すことができるように、木－葉が制御された力でＵＡＶによって押し出される。

【０１０１】

ある実施形態では、本発明の方法は、地上ステーション－収集バスケットに運ばれる果物を排出する間に、地上ステーションによってＵＡＶのバッテリ／パワーパックを充電するステップをさらに備える（例えば図２９のＪ及びＧに示す）。

【０１０２】

特定の実施形態では、前記地上ステーション－収集バスケットは、収穫された果物をそこに放出する間にＵＡＶを充電するための充電器を備える。したがって、前記地上ステーション－収集バスケットは、充電するためのＵＡＶの充電ポートに関連付けられる充電ポートを備える。

【０１０３】

本発明の方法のある実施形態では、果物にアクセスして従事させるためにＵＡＶを操縦するステップは、固定アーム又は移動可能なアームを移動させるために、アームを果物に従事させるようにＵＡＶモータを制御することによって、閉ループのナビゲーションで行われる（例えば図７に示す）。

【０１０４】

ある実施形態では、本発明の方法は、物理的な力を測定して計算することによって、（自律的な収穫に必要な）ＵＡＶの回避ベクトルを計算するステップをさらに備える。特定の実施形態では、ＵＡＶの回避ベクトルの計算は、物理的な力を仮想の力と統合することによって行われる。

【０１０５】

さらに別の実施形態では、本発明の方法は、収穫された果物を容器に運ぶステップをさらに備える。当該搬送は、例えば、果物が傷付くことなく落下して容器に転がり入るトランポリン等の収集ベースを用いることによって行われてもよい。収集ベースは、木の下方又は木の近くに設けられてもよい。あるいは、果物は、収集容器に直接運ばれる。本発明の他の実施形態では、果物の品質の基準に応じた選別はフィールドで行われ、果物は、フィールドで、所定の果物の品質の基準に応じて、異なる容器に選別される。当該事前選別によって、例えば、冷蔵室に品質のよい果物を保管したり、輸出用に指定したり、低い品質の果物をすぐに分けることができるようになる。

【０１０６】

さらに、本発明は、ドローン／ミニコプター／クアッドコプター／又は他の小さな無人航空機（ＵＡＶ）を用いた、農園のためのマッピングデバイス、システム、及び方法、並びに農園の全ての木の位置を含むデータベースを構築する方法に関する。本発明は、所定の位置に着いて、前記位置にホバリング又は着陸して、エリアをスキャンするための高い位置にあるスキャンドローンのために待機する、自律のアンカードローンをさらに提供する。スキャンドローンは、アンカードローンを含む下方のエリアの写真を撮って、コンピュータ／基地ステーションに送る。そして、ステッチソフトウェアは、農園及び木をマッピングするために用いられる超解像の画像を生成する。

【０１０７】

本発明は、超解像の画像に基づいてデータベースを構築するためのシステム及び方法をさ

らに提供する。データベースは、画像中の全ピクセルの位置（グローバル又はローカル座標）の計算を保持し、木の位置マップを保持し、木の品質の情報を保持する。最終的なデータベースは、木の各部分に関して、収穫（収穫前）のための果物の品質及び収穫された（収穫後の）果物のグレード、果物の品質（収穫前）及び収穫された果物の品質を含む、様々な収穫情報を連続的に定期的に収集するために用いられる。同じデータベースが希薄化のタスクのために用いられる。

【０１０８】

本発明のマッピングシステムは、次のサブシステムを含む。（ａ）中央の地上ユニット制御；（ｂ）１又は複数のアンカードローン；（ｃ）１又は複数のスキャンドローン。

【０１０９】

したがって、本発明は、果樹園のデータベースをマッピングして構築するためのシステムを提供する。当該システムは、

（ａ）位置決めユニットと、上面から見ることができる視覚的な目標とを有するアンカーユニット（例えば図１５Ａ及び図１５Ｂに示す）と；

（ｂ）（ｉ）各々のアンカーユニットの前記視覚的な目標を視覚的に識別するためのカメラ及び（ｉｉ）ＧＰＳを備えるスキャン／識別飛行ユニットと；

（ｃ）プロセッサ、メモリ、指定アルゴリズム、及び自律的な収穫＆希薄化のタスクのためにマッピング結果を生成するためのデジタルデータ構造を有するコンピュータとを備える。

（１）各々のアンカーユニットは、特定の目標ポイントに配置される。

（２）前記コンピュータは、（ｉ）各々のアンカーユニットからの位置決め（例えばＧＰＳ及び／又はＬＰＳ）データと、（ｉｉ）前記スキャン／識別ユニットからの、各々のアンカーユニットの視覚的な位置識別データとを受信する。

（３）前記アルゴリズムは、収穫及び希薄化の管理用に、例えば、果物収穫ＵＡＶの起動／自律的な起動用に、果樹園のデータベース及びマップを構築するために前記受信されたデータを用いる。

【０１１０】

本発明は、果樹園をマッピング（マッピングは、果樹園内の全ての木の外形の位置決めである）するためのコンピュータ処理されたシステムを提供する。当該システムは、（ａ）マーカーを有する１又は複数のアンカーユニットと；（ｂ）所定のゾーンの複数の写真を撮るためのカメラを備える飛行ユニットと；（ｃ）前記複数の写真を受信して、（ｉ）前記写真及び地理的な位置におけるアンカーユニットの１又は複数のマーカーを視覚的に識別して、（ｉｉ）識別される１又は複数のアンカーユニットの位置に対する前記写真内で識別される木をマッピングするためのプロセッサ及びメモリを備えるマッピングユニットとを備える。１又は複数のアンカーユニットは、前記所定のゾーン内の特定の目標ポイントに配置される。特定の実施形態では、各々の前記１又は複数のアンカーユニットは、位置決めユニットをさらに備える。

【０１１１】

ある実施形態では、本発明に係るアンカーユニットは、例えば図１５Ａに示すように、（ａ）視覚的な上面パターン（当該パターンは、スキャンドローンに対して視認される必要がある）と；（ｂ）図１５Ｂに示すようなＧＰＳ受信機又は他のグローバルポジショニングシステム；及び／又は（ｃ）ＵＢＷ受信機としてＬＰＳ又はローカルポジションシステム；及び／又は（ｄ）木との衝突を防ぐための３Ｄセンサ及び回避センサ（３Ｄのカメラ、距離センサ）を含む、目標ポイントまで自動的にナビゲートすることができるドローンプラットフォームとを備える。特定の実施形態では、本発明のアンカーユニットは、位置決めユニットをさらに備える。

【０１１２】

ある実施形態では、本発明のシステムは、各々のアンカーユニットを果樹園内の異なる目標ポイントまで運ぶことができるアンカー搬送（小）無人航空機（ＵＡＶ）をさらに備える。各々のアンカーユニットは、前記アンカー搬送ＵＡＶによって特定の目標ポイントに

配置されて、前記マッピングユニット／コンピュータへデータを送信する。目標ユニットは、スナップ式の制御されたマグネットでＵＡＶと接続することができ、ＵＡＶが地上にあるときに解放されてもよい。

【０１１３】

本発明のマッピングシステムのある実施形態では、位置決めユニットは、ＧＰＳ受信機；ＬＰＳトランシーバー；超広帯域無線受信機；視覚的な位置決めシステム、又は任意の組合せから選択される。

【０１１４】

本発明のマッピングシステムのある実施形態では、アンカーユニット及び／又は前記アンカー搬送ＵＡＶは、前記マッピングユニットにデータを送信するための無線通信ユニットをさらに備える。

【０１１５】

本発明のマッピングシステムの特定の実施形態では、アンカーユニット及び前記アンカー搬送ＵＡＶは、１つのユニットを構成する。

【０１１６】

本発明のマッピングシステムのある実施形態では、アンカー搬送ＵＡＶは、（ｉ）ある位置から別の位置へ前記アンカーユニットを保持して運ぶための機械的なアーム、又は他の保持及び固定機構、又はマグネット、及び（ｉｉ）自律的な着陸アルゴリズム及び更新された着陸目標を再計算するためのアルゴリズムを備える。

【０１１７】

本発明のマッピングシステムのある実施形態では、アンカー搬送ＵＡＶは、前記目標ポイントに自律的にナビゲートする。

【０１１８】

ある実施形態では、本発明のマッピングシステムの各々のアンカーユニットは、ある目標ポイントから別の目標ポイントへ移動するか又は動かされてもよく、それによって、前記通信衛星、高い高度の航空機及び／又はＵＡＶによる前記スキャン／識別の間に複数のアンカーユニットとして機能する。

【０１１９】

本発明のマッピングシステムの特定の実施形態では、アンカーの大きさは、果樹園の列間の距離よりも小さい。

【０１２０】

本発明のマッピングシステムのある実施形態では、各々のアンカーユニットの場所／位置は、各々の前記アンカーユニットの前記マーカー／視覚的な目標を識別して前記マッピングユニットに前記位置データを送信する、通信衛星又は高い高度の航空機（例えばＵＡＶ）によってスキャン／識別される。

【０１２１】

ある実施形態では、本発明のマッピングシステムは、果樹園の上方を飛行して前記アンカーユニットの前記マーカー／視覚的な目標をスキャン／識別するスキャンＵＡＶをさらに備える。特定の実施形態では、本発明に係るスキャンドローンは、ＧＰＳ受信機を含むカメラを有するドローンであってもよく、カメラは地面に対して垂直に向けられていてもよい。特定の実施形態では、本発明のシステムは、果樹園の上方を飛行して前記アンカーユニットの前記マーカーをスキャン／識別する１又は複数のスキャンＵＡＶをさらに備える。

【０１２２】

本発明のマッピングシステムのある実施形態では、ここで用いられるアルゴリズムは、次のうちの少なくとも１つを備える。（ａ）（アンカーユニットの視覚的な位置決め及び木への着陸を防止するための）搬送ＵＡＶに関する、自律的なナビゲーション及び着陸アルゴリズム；（ｂ）（位置決め後の各々のアンカーユニットの位置精度を向上させるための）アンカーユニット用の固定位置ＧＰＳ精度平均アルゴリズム；（ｃ）異なる場所及び／又は位置から取得される複数の画像から超解像の画像を生成するためのステッチアルゴリズム；（ｄ）前記超解像の画像内の各々のピクセルのためのＧＰＳ測位を提供するための

最適アルゴリズム；（ｅ）木の位置、木の外形、及び木のラインの位置を検出するためのアルゴリズム；（ｆ）果樹園における収穫及び果物の状況のデータベース構築アルゴリズム。

【０１２３】

本発明のマッピングシステムのある実施形態では、前記マッピングユニットは、次のうちの少なくとも１つを制御及び／又は可能にするように設計される。（ａ）搬送ＵＡＶの自律的なナビゲーション及び着陸；（ｂ）各々のアンカーユニットのための固定位置ＧＰＳ精度の平均化；（ｃ）ステッチアルゴリズムを用いて異なる場所及び／又は位置から取得される複数の画像から超解像の画像を生成すること；（ｄ）前記超解像の画像内の各々のピクセルにＧＰＳ測位を提供すること；（ｅ）木の位置、木の外形、及び木のラインの位置を検出すること；（ｆ）果樹園の収穫及び果物の状況のデータベースを構築すること。

【０１２４】

ある実施形態では、本発明のマッピングシステムは、上述のような、１又は複数の改良された果物収穫の自律ＵＡＶをさらに備える。特定の実施形態では、前記収穫ＵＡＶは、事前にマッピングされたデータベースから、木の位置－外形、又は木のラインの位置－外形を受信して、その結果、ＵＡＶは、木の中心に面するか、木のラインに対して垂直に面して、木に面する際に果物を検出する。

【０１２５】

さらに別の実施形態では、本発明のシステムのコンピューティングシステムは、前記果物収穫デバイスからデータをさらに受信して、任意で、収穫する必要がある果物を探す場所を指示して、（そして果物を収穫する）。さらに、特定の実施形態では、前記果物収穫デバイスから受信されたデータは、次の少なくとも１つを備える。（ｉ）果樹園における木の数；（ｉｉ）果樹園におけるラインの数；（ｉｉｉ）果樹園における各々の木の位置；（ｉｖ）収穫期間中と終了時における果樹園内の各々の木の果物の数；（ｖ）収穫期間中と終了時における果樹園内の各々の木の果物の品質／完熟状況；（ｖｉ）収穫期間中と終了時における各々の木から収穫される果物の数（収量）；（ｖｉｉ）収穫期間中と終了時における各々の木の品質の情報。また、この種の情報は、希薄化のため、品質及び大きさ、又は希薄化前の果物及び希薄化後の果物の数のために用いられてもよい。

【０１２６】

本発明のマッピングシステムのある実施形態では、コンピューティングシステム／コンピュータは、各々のアンカーユニットの初期の概算のＧＰＳ位置を割り当てるマネージャとして機能する。

【０１２７】

ある実施形態では、本発明のシステムは、次のうちの少なくとも１つを備える。

（ｉ）各々のアンカーユニットを果樹園内の異なる目標ポイントに運ぶためのアンカー搬送無人航空機（ＵＡＶ）（各々のアンカーユニットは、前記アンカー搬送ＵＡＶによって特定の目標ポイントに配置されて、前記マッピングユニットにデータを送信する。前記アンカー搬送ＵＡＶは、（ｉ）前記アンカーユニットを保持してある位置から別の位置に搬送するための機械的なアームと、（ｉｉ）自律的な着陸アルゴリズム及び更新された着陸目標を再計算するためのアルゴリズムを備える。または、ＵＡＶは、アンカーユニットとして構成される。）；

（ｉｉ）各々のアンカーユニットの場所／位置をスキャン／識別して、前記マッピングユニットに前記位置データを送信／伝達するための、通信衛星又は高い高度の航空機；

（ｉｉｉ）果樹園の上方を飛行して前記アンカーユニットの前記マーカーをスキャン／識別するスキャンＵＡＶ；

（ｉｖ）上記で定義したような、１又は複数の改良された自律収穫ＵＡＶ。

【０１２８】

本発明は、果樹園内の全ての木に関する、高解像度で高精度の、正確なマップ及びデータベースを生成するための方法をさらに提供する。当該方法は、

（ａ）本発明のシステムを提供するステップと；

（ｂ）前記アンカー搬送ＵＡＶを用いて、各々のアンカーユニットを目標ポイントに自律的に配置するステップと；
（ｃ）前記スキャン／識別ユニットを通じて各々のアンカーユニットの前記マーカー／視覚的な目標を識別／検出するステップと；
（ｄ）飛行終了時に、各々のアンカーユニットからの位置データ及び前記スキャン／識別ユニットからの各々のアンカーユニットの視覚的な位置識別データを前記コンピュータに送信や収集や転送するステップと；
（ｅ）（ｉ）正確な位置を有する超解像の画像と；（ｉｉ）果樹園内の全ての木のマップと；（ｉｉｉ）収穫の農作業のためのデータベース生成とを構築するために、前記通信又は転送されたデータを用いるステップとを含む。

【０１２９】
本発明は、果樹園内の全ての木に関する、高解像度で高精度の、正確なマップ及びデータベースを生成するための方法をさらに提供する。当該方法は、
（ａ）所定のゾーンにおける目標ポイントに、マーカーを備える１又は複数のアンカーユニットを配置して、各々のアンカーユニットのために位置データを取得するステップと；
（ｂ）上面から前記所定のゾーンを撮影するステップと；
（ｃ）得られた写真をマッピングユニットに送信又は転送するステップと；
（ｄ）前記写真において各々のアンカーユニットの前記マーカーを識別／検出するステップと；
（ｅ）前記写真において検出されたマーカーと、各々のアンカーユニットの位置データとを比較するステップと；
（ｆ）前記所定のゾーンにおいて各々の木を識別／検出するステップと；
（ｇ）所定のゾーンの超解像の画像を、果樹園内の各々の木の正確な位置決めにより構築するステップと；
（ｈ）収穫の農作業のためにデータベースを生成するステップとを含む。

【０１３０】
本発明の方法の特定の実施形態では、目標ポイントに１又は複数のアンカーユニットを配置するステップ（ａ）は、自律的に、任意でアンカー搬送無人航空機（ＵＡＶ）を用いることによって行われる。

【０１３１】
ある実施形態では、本発明の方法は、次のステップのうちの少なくとも１つをさらに備える。（１）例えば着陸アルゴリズムによって、自律的に、各々のアンカーユニットの位置を地面に固定するステップ；（２）より正確なＧＰＳ／ＬＰＳの位置及び任意でＧＰＳ／ＲＴＫの位置を生成するために、各々のアンカーユニットのＧＰＳ位置平均を生成するステップ；（３）超解像の画像を生成して、最適アルゴリズムを用いて前記超解像の画像内の各々のピクセルに関してＧＰＳ測位を提供するステップ；（４）自律的な果物収穫ＵＡＶを指示／案内するために前記生成されたデータベース及びマップを送信／使用するステップ。

【０１３２】
また、本発明に係る方法は、次の方法／手順を含む。
（ｉ）中央の地上ユニットでマッピングするために必要なエリアをユーザによって定義するステップ；
（ｉｉ）各々のアンカーユニットのＧＰＳ測位座標を中央の地上ユニットによって定義するステップ；
（ｉｉｉ）各々のアンカーユニットの目標ポイントを中央の地上ユニットによって設定するステップ；
（ｉｖ）定義された座標に各々のアンカーユニットを自律的にナビゲートするステップ（その座標に到達／到着したとき、その上に着陸又はホバリングすることができる。本ステップは、アンカーユニットが送られる各々の新しい位置のために繰り返される。）
（ｖ）アンカーユニットが所定の位置にいるとき、スキャンドローンにより農園をスキャ

ンするステップ（写真：アンカー有の写真及びアンカー無の写真、を飛行中に上面から記録する。アンカーが記録される場合、スキャンドローンが新しい位置等で記録するまでアンカーユニットは別の位置に移動することができる。代わりに、いくつかのアンカーユニットが同じ農園で同時に用いられる。）；
（ｖｉ）ソフトウェアによってスキャンドローンにより取得／記録される全ての画像をステッチして、図１６Ｂに示す超解像の画像を生成するステップ（図１６Ｂは、画像間の最適適合範囲によって１組の写真から１つの超解像の画像を生成するステッチソフトウェアの結果である。）；
（ｖｉｉ）超解像の画像内の各々のピクセルがＧＰＳ位置及びＬＰＳ座標に割り当てられ又は受信するマップ（２Ｄアレイ）を生成するために、前記超解像の画像を用いるステップ（図１６Ｂに示すように、超解像の画像は、絶対的なＧＰＳ位置Ａ１，Ａ２，Ａ３にいるアンカーユニットのピクセルＰ１，Ｐ２，Ｐ３において３つの視覚的なマークを含む。画像内の各々のピクセルは、ピクセル位置（Ｘ，Ｙ）に回転行列θ、ゲインＧを掛けて、Ｏを足すことによって、オフセット（θ，Ｇ，Ｏ）＝ｆ（Ａ１，Ａ２，Ａ３，Ｐ１，Ｐ２，Ｐ３）によって、絶対座標を取得することができる。）；
（ｖｉｉｉ）図１６Ｃに示す木の外形を定義するだけでなく、指定のソフトウェアを用いて超解像の画像を分析してそこの全ての木を検出するステップ（図１６Ｃは、前記超解像の画像を分析するマッピングアルゴリズムの結果である。アルゴリズムは、木の外形を検出して、エリア内の木及び位置のデータベースを生成する。）；
（ｉｘ）木のＩＤのマッピングを生成するステップ（これは、例えば、木及び木の位置の生成データベースを示す図１７に図示するように、超解像の画像内の各々のピクセルのために、木のＩＤが定義されることを意味する。本データベースは、２Ｄアレイ（又は３Ｄアレイ）であって、アレイ内の各々のエントリー（ｅｎｔｒｙ）は、超解像の画像からのピクセル、又は超解像の画像のダウンサンプリングされた写真からのピクセルである。アレイ内の各々のエントリーは、次の情報を保持する。木のＩＤ、エントリー位置（グローバル座標）、エントリー位置（ローカル）座標。また、全てのエントリーは、各々の文字が異なるレイヤーを示す図３３に示すように、例えば収穫ドローンのＩＤ位置、バスケットのＩＤ位置、容器のＩＤ位置等の様々な収穫システムの構成要素の現在の位置情報を保持することができる。Ｄ１～Ｄ５は現在のドローンの位置；Ｃ１～Ｃ２は容器（収集バスケット）の位置；Ｐ１～Ｐ２は充電位置；Ｂは基地ステーションの位置。）

【０１３３】
本発明の方法のある実施形態では、システムのコンピュータ／マネージャは、各々のアンカーユニットの初期近似ＧＰＳ位置を割り当てる。

【０１３４】
本発明の方法のある実施形態では、生成されたマップ内の各々のピクセルは、１～１０ｃｍを示し、位置（ＧＰＳ又はＬＰＳ）情報を有する。

【０１３５】
本発明の方法の他の実施形態では、生成されたデータベース及びマップは、（ｉ）自律的な果物収穫ＵＡＶの管理のために有用な情報である木のＩＤ及び位置及び／又は；（ｉｉ）自律的な果物収穫ＵＡＶの管理のために有用な情報である、木の外形、すなわち、各々の木の葉及び枝並びに果樹園のライン及び／又は；（ｉｉｉ）例えば、検出される果物の数、熟した果物の数、各々の木から収穫される果物の数、収穫される果物の状態、又は任意の組合せ等の木の果物のデータを備える。特定の実施形態では、この木の果物のデータは、前記果物収穫ＵＡＶによって取得される。

【０１３６】
本発明の方法のある実施形態では、生成されるデータベースは、前記果物収穫ＵＡＶを含む、フィールド内の各々のＵＡＶの識別レイヤーと、収穫される果物が入れられる果物収集バスケットのレイヤーとを備える。

【０１３７】
本発明は、マッピングシステムの使用、及び／又は最適な品質の収穫のために果樹園のデ

ータベースをマッピング及び構築するための本発明の方法をさらに提供する。前記最適な収穫は、特定の果物の収穫に基づいており、列毎、木毎の連続的な収穫に基づいていない。

【０１３８】

特定の実施形態では、マッピングシステムの使用、及び／又は本発明の方法により、受け取った注文書により、要求に応じて収穫することができる。さらに、１日に、果樹園／エリア内で最良の果物（最適な品質）を収穫することができる。

【０１３９】

マッピングシステム及び／又は本発明の方法により生成されるデータベースは、レイヤー（例えば図３３に示す）から構築される。超解像又は超解像のダウンサンプリングされた画像内の各々のピクセルは、農園内のエリアを示す。データベースは次のレイヤー（以下の表１にも示す）を有する。

ａ．超解像の画像；
ｂ．木のＩＤレイヤー（１から農園内の木の数）０は木が無いことを意味する。；
ｃ．ＧＰＳ位置レイヤー；
ｄ．ＬＰＳ位置レイヤー；
ｅ．本エリアで検出される果物の数；
ｆ．本エリアにおける熟した果物－収穫される目標の数；
ｇ．本エリアで収穫される果物の数；
ｈ．本エリアの品質のグレード；
又は任意の組合せ。

【０１４０】

【表１】

エントリーデータ	説明	範囲
木のＩＤナンバー	果樹園内の木を示す。	１から農園内の木の数
熟した果物の量	熟した果物がドローンによって見つけられる度にこの値がカウントされる。	０から小領域における可能性のある数
収穫される果物の量	果物がドローンによって収穫される度にこの値がカウントされる。	０から小領域における可能性のある数
ドローンＩＤ	ドローンが当該位置にある場合のドローンＩＤ（無ければ０）	０から特定のエリアで許可されるドローンの数
バスケットＩＤ	バスケットが当該位置にある場合のバスケットＩＤ	０から農園内のバスケットの数
トランポリンＩＤ	トランポリンが当該位置にある場合のトランポリンＩＤ	０からトランポリンの数

【０１４１】

本発明は、収穫ドローン、希薄化ドローン、剪定ドローン、アンカードローン、スキャンドローン及び果物搬送ドローンの隊の管理のためのシステム及び方法をさらに提供する。

【０１４２】

収穫ドローンの隊の管理のための本システム及び方法は、希薄化を含む収穫方法を可能にし／提供する。これは、連続モードで列毎に、木毎に機能するというよりもむしろ全農園

のエリア内（又はその一部）でまず採集される最も熟した／最良の果物の順に機能する。本発明の隊管理システム及び方法は、全農園のエリア内で最も熟した領域（ＲＯＩ）に応じてタスクを割り当てる。本方法の利点は、最良の及び／又は最も熟した果物を全農園から採集できることにある。このため、収穫される果物の品質が向上し、それゆえ農園の利益が増加する。さらに、例えば翌日又は翌週に、すなわち、収穫のために最適で及び／又は熟して、最適な大きさになったとき、ほとんど熟した果物が後で収穫される。これは、収量及び収益が減少する結果となる、熟していない／理想まで熟していない果物の収穫を防止する。本システム及び方法により、最適な選択的な収穫が可能になる。

【０１４３】

本発明の隊管理システムは、農園内を飛行して、熟しているエリアを検出して、基地ステーションと本情報を共有するドローンの隊を含み、そして基地ステーションはそれに応じて次のタスクを他のドローンに割り当てる。

【０１４４】

本発明の隊管理システムは、（ｉ）収穫される全ての果物を記録して、品質のデータを木のＩＤに添付するドローンの隊（本情報は、農園内で修正動作を実行するために有用である。）；及び／又は（ｉｉ）農園内を飛行して、希薄化を行うためにエリアを検出して、それに応じて次のドローンのタスクを割り当てる制御ユニットと情報を共有するドローンの隊をさらに含む。

【０１４５】

したがって、本発明は、収穫のためのＵＡＶの飛行管理用のシステムを提供する。前記システムは、（ａ）上述した果物収穫デバイスと；（ｂ）上述した果樹園のデータベースをマッピング及び構築するためのシステムと；（ｃ）基地ステーションと；（ｄ）希薄化は、果物の収集に必要ないため、任意で、収穫のためのみに用いられる果物容器と；（ｅ）エネルギー供給とを備える。前記システムは、果物収穫ＵＡＶ、果物容器、果物搬送ＵＡＶ（ある場合）、アンカーユニット、及びアンカー搬送ＵＡＶの、ＵＡＶの隊を管理するために、そして列毎、木毎の連続的な収穫ではなく果物の完熟度の基づいた最適な品質の収穫ミッションのために用いられる。

【０１４６】

本発明は、果物を収穫又は希薄化するための自立型無人航空機（ＵＡＶ）の隊の管理用の管理システムをさらに提供する。前記システムは、（ａ）前述したような、果物を収穫するための又は果物を希薄化するための１又は複数の自律ＵＡＶと；（ｂ）果樹園、又は木の位置および外形のデータベースをマッピングするためのコンピュータ化されたシステムと；（ｃ）基地ステーションと；（ｄ）任意で、果物容器と；（ｅ）１又は複数のエネルギー供給とを備える。前記管理システムは、（１）果物収穫ＵＡＶ、果物容器、果物搬送ＵＡＶ、アンカーユニット、及びアンカー搬送ＵＡＶを含むＵＡＶの隊を管理するため、及び／又は（２）列毎、木毎の連続的な収穫ではなく果物の完熟度に基づいた収穫又は希薄化のミッションのために用いられる。

【０１４７】

本発明の管理システムの特定の実施形態では、マッピングのためにコンピュータ化されたシステムは、収穫の状況及び果物の状況のための果樹園データベースを構築して次のうちの少なくとも１つを制御／可能にするように設計される。（ａ）マーカーを備える１又は複数のアンカーユニット；（ｂ）所定のゾーンの複数の写真を撮るためのカメラを備える飛行ユニット；（ｃ）前記複数の写真を受信するため、（ｉ）前記写真及び地理的な位置で１又は複数のアンカーユニットのマーカーを視覚的に識別するため；（ｉｉ）識別される１又は複数のアンカーユニットの位置に対して前記写真で識別される木をマッピングするためのプロセッサ及びメモリを備えるマッピングユニット。１又は複数のアンカーユニットは、前記所定のゾーン内の特定の目標ポイントに配置される。

【０１４８】

本発明の管理システムのある実施形態では、マッピングユニットは、収穫の状況及び果物の状況のための果樹園データベースを構築して次のうちの少なくとも１つを制御／可能に

するように設計される。（ａ）アンカー搬送ＵＡＶの自律的なナビゲーション及び着陸；（ｂ）各々のアンカーユニットに関して平均化されるＧＰＳ位置精度を固定すること；（ｃ）ステッチアルゴリズムを用いて、異なる場所及び／又は位置から取得される複数の画像から超解像の画像を生成すること；（ｄ）前記超解像の画像内の各々のピクセルのためにＧＰＳ測位を提供すること；（ｅ）木の位置、木の外形、及び木のラインの位置を検出すること。

【０１４９】

本発明の管理システムのある実施形態では、果樹園のデータベースは、果樹園の２次元の複数レイヤーの表現である。前記複数レイヤーは、次のレイヤーを備える。（ｉ）任意で、人のオペレータにとって視覚的な背景としてマッピングシステムによって生成される超解像の画像の第１のレイヤー；（ｉｉ）第２のレイヤーは、木のＩＤマップ（図１６Ｃ及び図１７に示す）であり、本レイヤーの各々のエントリーは、農園内の約５～２０ｃｍ^{2}のエリアを示す。その結果、木が無いエリアは０であって、全ての０でない値は、農園内の木のＩＤを示す。特に、ＩＤの最大値は、農園内の木の数である。；（ｉｉｉ）第３のレイヤーは、熟した果物の数のマップである。図２０Ａは、熟した果物が無い場合の０の値を示し、それは、果物収穫ＵＡＶから取得されるデータによって後で更新される。；（ｉｖ）第４のレイヤーは、収穫される果物の数のマップである。この数は、０から始まり（図２１Ａ）、果物収穫ＵＡＶから取得されるデータによって後に更新される（図２１２Ｂ）。

【０１５０】

本発明の収穫の隊管理システムのある実施形態では、データベースは、収穫される果物と事前に収穫された果物とを区別し、各々の果物に関して次の果物の情報を含む。寸法；色；スポット及びダメージ；品質のグレード；木の原点（ｔｒｅｅ ｏｆ ｏｒｉｇｉｎ）（木のＩＤ）；正確な原点（ａｃｃｕｒａｔｅ ｏｒｉｇｉｎ）（Ｘ，Ｙ，Ｚ）。

【０１５１】

ある実施形態では、本発明の収穫の隊管理システムのデータベースは、次の情報のうち少なくとも１つをさらに備える。（ｉ）収穫（果物の事前収穫）の間に収穫に関して、及び／又は希薄化の間に果物の希薄化に関して蓄積されたデータ；（ｉｉ）各々の木の最良のエリアを含む、各々の木から収穫される果物の品質；（ｉｉｉ）（フィールド内で事前選別を可能にする）各々の果物収集バスケット内の果物の品質；（ｉｖ）関心領域（ＲＯＩ）、熟したＲＯＩの数、収穫されるＲＯＩの数、及び収穫が全く要求されないＲＯＩへの分割を含む農園の状況。

【０１５２】

本発明の収穫の隊管理システムのある実施形態では、データベースは、農園／果樹園及びその状況を示す２Ｄアレイ（写真）の複数のレイヤーである。また、特定の実施形態では、データベースは、ＵＡＶＩＤレイヤー、バスケットＩＤレイヤー、トランポリンレイヤー（以下の表２で示す）のような、収穫管理の別のレイヤーを含む。この情報は、収穫方法に関連する。

【０１５３】

【表２】

エントリーデータ	説明	範囲
木のＩＤナンバー	果樹園内の木を示す	１から農園内の木の数
熟した果物の量	熟した果物がドローンによって見つけられる度にこの値がカウントされる	０から小領域における可能性のある数
収穫される果物の量	果物がドローンによって収穫される度にこの値がカウントされる	０から小領域における可能性のある数
ドローンＩＤ	ドローンが当該位置にある場合のドローンＩＤ（無ければ０）	０から特定のエリアで許可されるドローンの数
バスケットＩＤ	バスケットが当該位置にある場合のバスケットＩＤ	０から農園内のバスケットの数
トランポリンＩＤ	トランポリンが当該位置にある場合のトランポリンＩＤ	０からトランポリンの数

【０１５４】
本発明の収穫の隊管理システムのある実施形態では、基地ステーションは、（ｉ）異なるタスクに対して異なるタイプのＵＡＶを管理し、（ｉｉ）梢のみを収穫するように、飛行高度を特定の高さに維持し、（ｉｉｉ）低い収穫アームＵＡＶを高い目標の木に送り、高い収穫アームＵＡＶを低い目標の木に送り、（ｉｖ）収穫ＵＡＶから容器に果物を移すために果物搬送ＵＡＶを管理し、（ｖ）容器の位置を維持する、制御ステーションである。
【０１５５】
ある実施形態では、本発明の収穫の隊飛行システムは、人間の労働者とのＵＡＶの衝突を防止するために、前記基地ステーションと、任意でシステムのＵＡＶと通信する安全機構をさらに備える。
【０１５６】
ある実施形態では、フィールド内の各々の農作業者は、例えば、ブレスレットやスマートフォン内のアプリケーション等の安全デバイスを有し、それは、農作業者の位置を、基地ステーション及び／又は各々のＵＡＶと共有する。前記基地ステーションは、作業ＵＡＶと農作業者との間の距離をより大きくするために、様々な木にＵＡＶを割り当て／向け直すことができる。その結果、ＵＡＶは、人間に接近せず、また、木の頂部からのみ収穫するように収穫ＵＡＶを指示して、高いＵＡＶ収穫機と低い人間の収穫者若しくは低い他の地上収穫機とに作業を分けることができる。
【０１５７】
また、本発明の収穫の隊管理システムは、図１８に示す、以下のサブシステムを含んでもよい。（ａ）中央の地上ユニット制御として機能して、異なるＵＡＶとシステムの他の構成要素との間の座標及び広い通信範囲を提供する、メインの基地ステーション；（ｂ）１つ、２つ、３つ又はそれ以上のアンカーユニット；（ｃ）頂部収穫ＵＡＶ；（ｄ）底部収穫ＵＡＶ；（ｅ）側部収穫ＵＡＶ；（ｆ）一般的な収穫ＵＡＶ；（ｇ）電源－バッテリ搬送ドローン；（ｈ）人の位置、例えばブレスレットやスマートフォンの位置を提供することによる、例えば人のための安全ビーコン；（ｉ）任意でビーコンを有する、収集ベース／容器；（ｊ）任意でビーコンを有するトランポリン；（ｋ）スキャンＵＡＶ等のスキャ

ンユニット。
【０１５８】
ある実施形態では、本発明の収穫の隊管理システムは、（ａ）果樹園内のＵＡＶの座標及び実際の数を提供／受信するＵＡＶランチャーと；（ｂ）複数のバッテリソケットを有し、充電されたバッテリの数をそのレベルと共に提供する充電器と；（ｃ）容量、大きさ、位置、充填状況、及び任意で果物の品質に関するデータを提供する収集バスケットとをさらに備える。
【０１５９】
ある実施形態では、システムのＵＡＶは、（ｉ）そこに取り付けられる収穫アームの種類（例えば、アーム無し、上アーム、下アーム、サイドアーム、把持、カットアーム、又は希薄化アーム）；（ｉｉ）収穫、剪定、希薄化、マッピング、アンカー、パワー等のＵＡＶの使用；（ｉｉｉ）ＵＡＶの座標（Ｘ，Ｙ，Ｚ）；（ｉｖ）ＵＡＶのバッテリレベル；（ｖ）バッテリの最大容量についてのデータを提供する。
【０１６０】
本発明は、隊の管理方法をさらに提供する。本発明の実施形態に係る方法の例示的なフローチャートは、図１９に示され、それは、データベース管理、タスクジェネレータ、ルートプランナー、及びスケジューラを含む隊の管理方法を説明する。これらのタスクは、基地ステーションで実行されてもよい。
【０１６１】
したがって、ある実施形態では、本発明は、プロセッサ及びメモリを用いたＵＡＶの隊を用いる最適な収穫のためのコンピュータ化された方法を提供する。前記方法は、（ａ）本発明の隊管理システムを提供するステップと；（ｂ）果樹園及び果物の情報の複数レイヤーの表現を有する果樹園のデータベースを構築するステップと；（ｃ）果物を収穫して、かつ前記データベースを更新するために更新された果物の情報を提供する自律的な果物収穫ＵＡＶにタスクを提供するステップと；（ｄ）逐次的な方法ではなく生成されるデータベースに基づいて収穫される必要がある果物に対して、前記果物収穫ＵＡＶを向かわせるステップとを含む。
【０１６２】
ある実施形態では、本発明は、プロセッサ及びメモリを用いたＵＡＶの隊を用いる最適な収穫のためのコンピュータ化された方法を提供する。前記方法は、（ａ）果樹園のデータベースで果樹園のデジタル表現を構築するステップであって、前記データベースは、果樹園及び果物の情報の複数レイヤーの表現を備えるステップと；（ｂ）果物を収穫して、かつ前記データベースを更新するために更新された果物の情報を提供する自律的な果物収穫ＵＡＶにタスクを提供するステップと；（ｃ）収穫中に果樹園内の異なるＵＡＶから取得されるデータを通じて、収穫の間に前記データベースを更新するステップと；（ｄ）生成されるデータベースに基づいて収穫される必要がある果物に対して、前記果物収穫ＵＡＶを向かわせるステップとを含む。
【０１６３】
本発明の最適な収穫のための方法の特定の実施形態では、マップ及びデータベースを構築するステップは、（ａ）前記果樹園の所定のゾーンに、マーカーを備える１又は複数のアンカーユニットを配置するステップと；（ｂ）前記果樹園の所定のゾーンの複数の写真を撮るステップと；（ｃ）前記写真及び地理的な位置で１又は複数のアンカーユニットのマーカーを視覚的に識別するステップと；（ｄ）識別される１又は複数のアンカーユニットの位置に対して、前記写真で識別される木をマッピングするステップとを含む。
【０１６４】
本発明の最適な収穫のための方法のある実施形態では、基地ステーションは、太陽に面しているとき、収穫、希薄化、又は他のタスクを実行するためにＵＡＶを送らずに、異なるＵＡＶを調整して案内する。
【０１６５】
特定の実施形態では、本発明の最適な収穫のための方法は、１又は複数の次のステップを

さらに含む。（ｉ）例えば、果樹園において、木が面している方向及び／又は陰になっているエリア等の予備データを収集するステップと；（ｉｉ）前記基地ステーションを通じて異なる収穫ＵＡＶ間の通信を実行するステップと；（ｉｉｉ）果樹園内でＵＡＶからデータを連続的に受信して、収穫手順を改善するために前記データベースを更新するステップ。

【０１６６】

ある実施形態では、本発明の最適な収穫のための方法は、特定の特徴の果物を収穫するように、及び／又は所望の基準に応じて、前記果物収穫ＵＡＶを指示するステップ、及び／又は特定の量の果物を収穫するように、前記果物収穫ＵＡＶを指示するステップをさらに含む。

【０１６７】

ある実施形態では、本発明の最適な収穫の方法により、現在行われているように、逐次的に列毎、木毎に全ての果物を収穫するのではなく、各々の木で収穫基準を満たす果物のみを収穫するような散在的な方法で、大きなエリア内の特定の特徴の果物を収穫することができる。例えば、本発明のシステムは、全ての「少なくとも９０ｍｍの直径を有する赤い果物」を収穫するように、収穫ＵＡＶを指示してもよい。また、本方法は、特定の基準の注文書を受け取って、必要に応じて収穫を行って、所望の品質で所望の量のみを収穫するのに有用である。本方法は、収穫期間中に、貯蔵及び冷却費用を節約することができる。

【０１６８】

農作業者は、必要に応じて、農園全体から１日に収穫される果物の必要量を設定することができることに注目すべきである。農作業者は、高品質の果物に関してより高い価値を受け取るので、本発明のシステム及び方法は、標準の逐次的な列毎及び木毎の収穫をして、様々な品質の果物をより多く搬送するのではなく、全農園から収穫される最良の果物のみを収穫及び搬送することによって１日当たりの最適な利益を得ることを可能にする。また、本方法は、特定の基準の注文書を受け取って必要に応じて収穫を行い、所望の品質で所望の量のみを収穫するのに有用である。本方法は、収穫期間中に貯蔵及び冷却費用を節約することができる。

【０１６９】

本発明の最適な収穫のための方法のある実施形態では、異なるＵＡＶの調整及び案内に携わる基地ステーションは、太陽に面しているとき、収穫、希薄化、又は他のタスクを行うためにＵＡＶを送ることはない。これは、日光からセンサの飽和（ｓａｔｕｒａｔｉｏｎ）を防ぐためである。基地ステーション／ルートプランナーは、太陽に面しているとき、収穫／タスクを行うためにＵＡＶを送ることはない。ＵＡＶのミッションは、この制約と共に計画される。基地ステーション／制約ユニット（ｃｏｎｓｔｒａｉｎ ｕｎｉｔ）は、時間及び日付に応じて太陽の位置を知り、暗い方向（ｂｌｉｎｄｅｄ－ｄｉｒｅｃｔｉｏｎ）を生成する。例えば、午前中、ＵＡＶは西を向き、夕方、東を向く。

【０１７０】

本発明の隊管理システムのある実施形態では、日光からのセンサの飽和を防ぐために、ルートプランナーは、太陽に面しているとき、収穫／タスクを行うためにドローンを送ることはない。ドローンのミッションは、この制約に従って計画される。システムは、時間及び日付に応じて太陽の位置を知り、暗い方向を生成する。

【０１７１】

ドローンの使用により、ルートプランナーは、直線ルートを作成することができる。操縦方向は、木の上方での最も短い方向である。これは、木の上方を飛行する場合に、ドローンによってのみ達成される。全ての地上プラットフォームは、モンテカルロルートを作成して木の目的地に到着するためにより長いルートを計算する。

【０１７２】

ある実施形態では、本発明の最適な収穫のための方法は、予備データの収集ステップをさらに備える。この予備データの収集ステップは、果物の数及び木における果物の位置、並びに果物の完熟度に関する初期データを収集するためのＵＡＶを送るステップを備える。

特定の実施形態では、これらのＵＡＶは、予備データの収集の飛行中に発見される関心領域（ＲＯＩ）について報告する、すなわち、収集された情報を基地ステーション及び／又は他のＵＡＶと共有する。前記ＲＯＩは、とりわけ、各々の領域の位置及び寸法を含む。

【０１７３】

各々の報告されるＲＯＩは、図２１に示すデータベースに追加される。データベースは、システム内の様々なＵＡＶ（例えば収穫ＵＡＶ及びスキャンＵＡＶ）によって取得される全てのデータによって常に更新される。コンピュータ及びアルゴリズムは、データベースを分析して、高グレードを有する全てのＲＯＩに応じて収穫目標を生成し、その結果、そこへ収穫ＵＡＶを送る。図２０Ｃは、特定の時間での農園の一時的な状況を示す。ある丸い木の中の明るい点は、熟したエリアを示す。アルゴリズムは、高グレードで高密度を有するエリアを識別して、そこの目標を割り当てる。

【０１７４】

本発明の最適な収穫のための方法のある実施形態では、予備データの収集は、木が面する方向及び／又は陰になっているエリアを備える。特定の実施形態では、初期ＲＯＩは、南東に面する木を含み、日光に長時間露光することにより最も熟していると考えられる。他の実施形態では、初期ＲＯＩは、例えば山によって陰になっているエリアに位置する木を含み、果物の完熟プロセスに影響を与えるかもしれない。

【０１７５】

ある実施形態では、本発明の最適な収穫のための方法は、（ｉ）前記基地ステーションを通じて異なる収穫ＵＡＶ間で通信するステップ及び／又は（ｉｉ）システムでＵＡＶからデータを継続的に受信して、収穫手順を改善するためにデータベースを更新するステップとをさらに含む。

【０１７６】

フィールド内にある全てのＵＡＶは、例えば、目標の木への飛行中、収穫中、果物収集バスケットを飛ばしている間、高密度の熟した果物のエリアを有するＲＯＩ（Ｒｅｇｉｏｎ ｏｆ Ｉｎｔｅｒｅｓｔ）について、前記基地ステーション及び／又は他のＵＡＶに報告する。このことは、スキャンＵＡＶ又は予備データ収集ＵＡＶだけでなく、収穫ＵＡＶも、基地ステーション及びコンピュータにデータを送信することを意味する。このため、本発明の方法は、システムで全てのＵＡＶによって情報を共有するための方法を含む。各々の検出される果物は、ＸＹＺの位置と、例えば、寸法［ｍｍ］、色ヒストグラム、軟らかさ、他の品質の要因、木のＩＤ等の品質と共に、メイン／基地ステーションに報告される。例示的に生成されるマップは、図２１に示される。

【０１７７】

ある実施形態では、本発明の最適な収穫のための方法は、品質のデータを各々の収穫される果物に添付するステップをさらに含む。特定の実施形態では、各々の収穫される果物は、果物の品質のデータ及び／又は木の情報を受け取って、各々の果物のデータに木の情報を添付する。各々のＵＡＶは、品質の情報と共に収穫される果物の位置（ＸＹＺ）を基地ステーションに送信し、そして、品質の情報をＸＹＺエントリーに追加することによってデータベースを更新する。データベースの当該部分の蓄積された情報は、図２１Ｂに示す収穫される果物のみにある。

【０１７８】

ある実施形態では、本発明の最適な収穫のための方法は、品質のデータを各々の木のＩＤに添付するステップをさらに含む。当該品質のデータは、収量を改善するために、統計情報及び修正動作の双方のための果物の量及び品質に関する各々の木の情報を提供する。

【０１７９】

ある実施形態では、本発明の隊管理システムの目標ジェネレータは、農作業のための目標（点）を生成する。当該ジェネレータは、データベース内の果物完熟度レイヤーにおいて高密度のエリアを探し、それに応じてタスクを割り当てる。例えば、高密度の熟した果物を探して、収穫を行うために収穫ＵＡＶを割り当てる。このように、農園内で最も熟した果物が最初に採集される。図２０Ｂによる完熟度状況が高いので、図１７に示すように、

収穫ＵＡＶは、木＃７の南側に送られる。
【０１８０】
ある実施形態では、本発明の隊管理システムのルートプランナーは、前記目標ジェネレータから当該目標ポイントを受信して、いくつかの目標を１つの収穫タスクにまとめる。
【０１８１】
ある実施形態では、本発明の隊管理システムのスケジューラは、異なるＵＡＶの異なるタスク間で同期する。
【０１８２】
本発明の隊管理システム及び方法のある実施形態では、システムドローンの異なるＵＡＶによって実行され、例えば、各々のＵＡＶは、タスクを行いながら、ジェネレータ及びスケジューラにデータを送信する。
【０１８３】
隊内のドローン間の距離を最小に計画するために、システムのスケジューラは、最小の距離を維持しながらドローンに全てのタスクを確実に割り当てる。スケジューラは、ドローンがミッションを行うのに十分な電力があることを確実にして、もし無ければ、例えばバッテリ交換又は充電等の「エネルギーミッション」をドローンにさせる。
【０１８４】
本発明の隊管理システム及び方法のある実施形態では、農作業者は、まず、例えば果物の品質やタスクの種類等の様々な要件を定義する。例えば、農園において、直径９０ｍｍよりも大きい、グレードＡの全ての赤いリンゴを収穫する。さらに、農作業者は、１日当たりに収穫する必要がある果物の必要量を設定することができる。
【０１８５】
さらに、システムは、農園の収穫境界を定義することができ、その結果、様々なドローンは当該境界を越えることはない。さらに、システムには、通信制限範囲が組み込まれていてもよく、その結果、ドローンは、通信制限範囲を超えることはない。
【０１８６】
ある実施形態では、本発明の最適な収穫のための方法は、品質モード１に最適化される。品質モデル１の当該最適化は、果樹園内で最も熟して最も品質の良い果物のみを収穫するために収穫ＵＡＶを送るステップを含む。本モードは、選択的な収穫が必要とされる、季節の始まりに有用である。本モードは、品質の良い新鮮な果物の早期販売と共に、より長い収穫期間を可能にする。ある実施形態では、本モードは、特定の日に収集されるデータが次の日に果物を収集するために用いられるように拡張される。
【０１８７】
品質のモード１の最適化は、ドローンによってのみ達成することができる。本方法では、ドローンは、果樹園において最も熟して最も品質の良い果物へ送られる。本モードは、選択的な収穫が必要とされる、季節の始まりに特に有用である。本モードは、品質の良い新鮮な果物の早期販売と共に、より長い収穫期間を可能にする。本モードは、翌日のためのデータを毎日収集するために拡張されてもよい。（領域の位置およびその大きさを含む）全ての報告されるＲＯＩは、データベースに本情報を追加する。データベースは、図２０Ａに示すような初期状態で開始し、ドローン収穫機の移動により、情報を収集して、図２０Ｂに示すような状態を生成する。データベースは、全てのドローン、収穫ドローン及びマッピングドローンの両方から収集される全ての情報によって更新される。高いグレードを有する全てのエリアに関して、収穫－希薄化ドローンを送る。
【０１８８】
図２０Ｃは、ある日の特定の時間における農園の一時的な状況を示し、明るいマークは、熟したエリアを示す。目標ジェネレータにおけるデータベースで実行されるアルゴリズムは、高いグレード及び高密度を有するエリアを検索して、そこに目標を割り当てる。
【０１８９】
他の実施形態では、本発明の最適な収穫のための方法は、量モード２に最適化される。ある実施形態では、本発明の方法は、モード２で最適化される。それによって、１つの収穫

ＵＡＶが特定の木の果物のみを収穫する。これは、最も高いスループットを提供する、簡易収穫バージョンである。各々のＵＡＶは１つの木に焦点を当てて、各々の木は、１つのＵＡＶによって対応される。本モードは、果樹園内のほとんどが熟していて、収穫率に焦点が当てられて、最短時間でできるだけ多く収穫したいときに有用である。本モードによる方法において、隊管理は、ＵＡＶを木に割り当てて、木の周囲のルート、木の中心の位置の情報及びラインの情報と共にＵＡＶの接近方法を生成する。ＵＡＶは、図３０Ａに示すように木から一定の範囲を維持しながら、ルートに応じてスキャンする。

【０１９０】

量のモード２の最適化は、ドローンが特定の木及びバスケットに割り当てられることを意味する。このことは、最も高いスループットを有する簡易バージョンである。各々のドローンは、１つの木に焦点を当てて、各々の木は、１つのドローンによって対応される。本モードは、果樹園内のほとんどが熟していて、収穫率に焦点が当てられているときに有用である。

【０１９１】

さらに他の実施形態では、本発明の最適な収穫のための方法は、品質モード３に最適化される。それによって、収穫ＵＡＶの群は、各々の木に送られる。この方法では、ＵＡＶは、各々のエリア／木での作業を非常に速く終わらせて、次のエリア／木に移動する。本モードは、システムがモード１又はモード２で機能したときにスキップされたエリアに農作業者が焦点を当てたい場合に有用である。収穫ＵＡＶの木への割り当ては、木毎に、あるいは木の完熟度によって連続していてもよい。本モードは、農作業者により手動で定義されることができる。特定の実施形態では、モード３において、木の特定のサイド、例えば木の最も熟しているサイドであると考えられる南東側を収穫するように各々の収穫ＵＡＶを定義することができる。

【０１９２】

モード３のエリアの最適化では、全ての木に関して、ドローンの群が送られる。ドローンは、本エリアで、可能な限り早く作業を終わらせる。本モードは、２つの前述のモードによってスキップされたエリアに農作業者が焦点を当てたいときに有用である。ドローンの木への割り当ては、木毎に又は木の完熟度によって連続していてもよい。本モードは、農作業者の手動モードによって定義されてもよい。本モードにおいて、木の最も熟しているサイドであると考えられる、木の南東側を収穫するように各々のドローンを定義することができる。

【０１９３】

ある実施形態では、本発明の最適な収穫のための方法は、モード１及びモード２の組合せ、モード１及びモード３の組合せ、モード２及びモード３の組合せ、又は、モード１、モード２、及びモード３の組合せを用いる。

【０１９４】

ある実施形態では、本発明の最適な収穫のための方法は、ＵＡＶの電力管理のステップをさらに備える。特定の実施形態では、電力管理は、各々のＵＡＶの電力レベルを監視して、充電かバッテリ交換が必要なときに各々のＵＡＶを送り、必要な場合は、充電ＵＡＶのタスクを完了させるために交換ＵＡＶを送るステップを含む。さらに他の特定の実施形態では、バッテリ交換は、充電されたバッテリをリモートＵＡＶに運ぶ、専用のパワーＵＡＶによって行われる。

【０１９５】

従来の方法では、エネルギーミッションは、充電ステーション又はバッテリ交換ステーションにＵＡＶを送ることによって達成される。特定の実施形態では、本発明の方法は、バッテリスタックを、電力を消耗したＵＡＶ（図２３Ｄ及び図２３Ｅ）に運ぶ特別な電力ＵＡＶを送ることによって達成されるエネルギーミッションを含む。これは、エネルギーをリモートＵＡＶに運ぶのに効率的な方法であって、充電ステーション又はバッテリ交換ステーションに戻るナビゲーション時間を節約する。電力ＵＡＶは、バッテリスタックを運んで、目的のＵＡＶの近くに着陸することができる。バッテリ交換は、一方のＵＡＶを他

方のＵＡＶ上に着陸させた後、消耗したバッテリをＵＡＶから引っ張って、満タンのバッテリ（図２２Ａ及び図２２ＢにおいてＢでマークされる）を押し出すことによって行うことができる。ある実施形態では、電力ＵＡＶは、他のＵＡＶを高速充電することができる充電ＵＡＶである。

【０１９６】

本発明の隊管理システム及び方法のある実施形態では、特定のＵＡＶミッション及び充電ポイントからの距離によって計算される、所定のパーセントよりも電力が下回ったとき、様々なＵＡＶが充電されるために送られる。

【０１９７】

ある実施形態では、本発明の最適な収穫のための方法は、収穫ＵＡＶから、果物を容器に入れる果物搬送ＵＡＶへ果物を通過させるステップをさらに含み、前記ステップは、前記基地ステーション／隊管理によって制御される。

【０１９８】

ある実施形態では、本発明の最適な収穫のための方法は、前記基地ステーション／隊管理によって、木を割り当てて、各々の収穫ＵＡＶのための予備検索ルートを生成するステップをさらに含む。収穫ＵＡＶは、木（図３０Ａに示す木の中心及び／又は木のライン）に面することから始まり、特定のルートに応じて木をスキャンして、そして果物を自律的に識別して収穫する（図３０Ｂ）。

【０１９９】

ある実施形態では、隊管理（例えば制御ステーション）は、各々のＵＡＶに、目標の木の周囲のスキャンルート（図３０Ａの木の周囲のライン）を割り当てる。ＵＡＶは、木の中心に面して、スキャンの間、自律的な収穫を実行する（図３０Ｂにおいて木の周囲の外のラインと木とを繋ぐライン）。この自律的な収穫は、次の方程式によって行われる（木が繋がっていて木の間にギャップが無い農園では、ジグザグのスキャンが行われる）。

【０２００】

【数３】

$$\langle W \rangle \triangleq \begin{cases} X = R_x \cos wt + \left(X_{target\ tree}, Y_{target\ tree}, Z_{target\ tree}\right) \\ Y = R_y \sin wt + \left(X_{target\ tree}, Y_{target\ tree}, Z_{target\ tree}\right) \\ H = Ct + \left(X_{target\ tree}, Y_{target\ tree}, Z_{target\ tree}\right) \end{cases}$$
$$wt$$

【０２０１】

本発明の隊管理システム及び方法のある実施形態では、フィールド内の全てのドローンが、（例えば、目標の木に運びながら、収穫しながら、バスケットへ飛行しながら等）ＲＯＩ（関心領域）について報告する。スキャンＵＡＶだけでなく、収穫ＵＡＶ及びアンカーＵＡＶも基地ステーションにデータを送る。各々の検出される果物は、そのＸ，Ｙ，Ｚと、寸法［ｍｍ］、色ヒストグラム、軟らかさ、及び他の品質の要因のような、収穫される果物の品質とに関して、位置および木のＩＤと共にメインのステーションに報告される。各々のドローンは、どの木のＩＤが目標かを知っており、基地ステーションは、座標に応じて木のＩＤをマッピングすることを知っている。果物の群は、Ｘ，Ｙ，Ｚの位置及び果物の直径ｄと共に、ＲＯＩとして報告される。木からの分離が正常に行われた全ての収穫された果物に関して、収穫された果物の品質のデータを木の情報に添付して、木の情報を果物のデータに添付する。ドローンは、品質の情報と共に、果物の位置（Ｘ，Ｙ，Ｚ）をメインの基地ステーションに送る。メインの基地ステーションは、データベースにアクセスして、データベースにおいて、品質の情報をＸＹＺエントリーに追加する。データベースのこの部分の蓄積された情報は、収穫される果物のみに関する（例えば図２１Ｂに示す）。

【０２０２】

目標ジェネレータによって生成されるデータベースは、次の価値のある情報を示す（図１７及び図２１Ｂ）。すなわち、全ての木、収穫される果物の品質や全ての木の最良のエリアに関して収穫についての蓄積されたデータ。全てのバスケットに関する、（フィールドで事前選別を可能にする）果物の品質。農園の状況－発見されるエリアの数、熟しているエリアの数、収穫されるエリアの数、収穫が不要になったエリアの数。農作業者は、それに応じて修正動作を実行することができる。

【０２０３】

本発明は、果物の収穫／希薄化／剪定システムをさらに提供する。当該システムは、（ａ）果樹園をマッピングするため、又は農園内の木の位置及び外形のマップのためにコンピュータ化されたシステム；（ｂ）果物を収穫、希薄化、又は剪定するための自立型無人航空機（ＵＡＶ）の管理システムとを備える。前記システムは、（ｉ）上述したような果物の収穫又は果物の希薄化のための、１又は複数の改良自律ＵＡＶと；（ｉｉ）基地ステーションと；（ｉｉｉ）任意で果物容器と；（ｉｖ）１又は複数のエネルギー供給とを備える。前記管理システムは、（１）果物収穫ＵＡＶ、果物容器、果物搬送ＵＡＶ、アンカーユニット、及びアンカー搬送ＵＡＶを含むＵＡＶの隊を管理するため、及び／又は（２）ライン毎、木毎の逐次的な収穫ではなく、果物の完熟度に基づいて収穫又は希薄化ミッションを行うために用いられる。

【０２０４】

本発明の果物収穫／希薄化／剪定システムのある実施形態では、マッピングのためにコンピュータ化されたシステムは、収穫状況及び果物の状況のための果樹園データベースを構築して、次のうちの少なくとも１つを制御／可能にするように設計される。（ａ）マーカーを備える、１又は複数のアンカーユニット；（ｂ）所定のゾーンの複数の写真を撮るためのカメラを備える飛行ユニット；（ｃ）前記複数の写真を受信するため、写真及び地理的な位置におけるアンカーユニットの１又は複数のマーカーを視覚的に識別するため；識別される１又は複数のアンカーユニットの位置に対して、前記写真で識別される木をマッピングするためのプロセッサ及びメモリを備えるマッピングユニット。１又は複数のアンカーユニットは、前記所定のゾーン内の特定の目標ポイントに配置される。

【０２０５】

特定の実施形態では、本発明の果物収穫／希薄化／剪定システムは、次のタスクのうちのいずれか１つを実行することができる多機能システムである。収穫、希薄化、剪定、鳥用かかし、果物の窃盗及び農園から動かない設備のガード。

【０２０６】

ある実施形態では、本発明の果物収穫／希薄化／剪定システムは、さらに、灌漑システムと関連付けられ、その結果、各々の果物の状況を追跡して、農園内の各々の木の灌漑条件についての情報を提供して、任意で、灌漑の制度及び期間を調整する。

【０２０７】

本発明は、果樹園におけるＵＡＶの自律的な収穫、希薄化、及び／又は剪定のための方法をさらに提供する。当該方法は、

（ａ）果樹園内の全ての木の高解像及び高精度を有する正確なマップ及びデータベースを生成するステップと；（ｂ）ＵＡＶの隊を用いて最適な収穫／希薄化／剪定を行うステップとを含む。（ｂ）のステップは、（ｉ）データベースにおいて果樹園内のデジタル表現を構築するために、生成されたマップを用いるステップであって、前記データベースは、果樹園及び果物の情報の複数レイヤーの表現を備えるステップと；（ｉｉ）例えば、果物を収穫してかつ前記データベースを更新するために更新される果物の情報を提供する収穫ＵＡＶの自律ＵＡＶにタスクを提供するステップと；（ｉｉｉ）果樹園内の異なるＵＡＶから取得されるデータを通じて、収穫／希薄化／剪定の間に前記データベースを更新するステップと；（ｉｖ）生成されて更新されるデータベースに基づいて収穫する必要のある果物へ、前記果物収穫／希薄化／剪定ＵＡＶを向かわせるステップとを含む。前記収穫ＵＡＶによる果物の収穫は、（ｉ）果物の収穫のために、前記自立型無人航空機（ＵＡＶ）を農園に送るステップと；（ｉｉ）木又は木のラインを自律的に識別して、そこに面する

か、又はＵＡＶに対する木の位置及び方向を外部デバイスから受信するステップと；（ｉｉｉ）果物検出ユニットによって前記木で収穫／希薄化される果物を自律的に識別／検出するステップと；（ｉｖ）前記識別される果物にアクセスして従事させるようにＵＡＶを操縦するステップと；（ｖ）識別／検出される果物を収穫するステップと；（ｖｉ）ステップ（ｉｉ）から（ｖ）までを繰り返すステップとを含む。

【０２０８】

本発明の果物収穫／希薄化／剪定システムの特定の実施形態では、果樹園内の全ての木の高解像及び高精度を有する正確なマップ及びデータベースを生成するステップは、（ｉ）所定のゾーンの目標ポイントに、マーカーを備える１又は複数のアンカーユニットを配置して、各々のアンカーユニットに関する位置データを取得するステップと；（ｉｉ）前記所定のゾーンを上面から撮影するステップと；（ｉｉｉ）取得した写真をマッピングユニットに送信又は転送するステップと；（ｉｖ）写真において、各々のアンカーユニットの前記マーカーを識別／検出するステップと；（ｖ）前記写真で検出されるマーカーと各々のアンカーユニットの位置データとを比較するステップと；（ｖｉ）前記所定のゾーンで各々の木を識別／検出するステップと；（ｖｉｉ）果樹園内の各々の木の正確な位置決めにより、所定のゾーンの超解像の画像を構築するステップと；（ｖｉｉｉ）収穫又は希薄化の農作業のためのデータベースを生成するステップとを含む。

【０２０９】

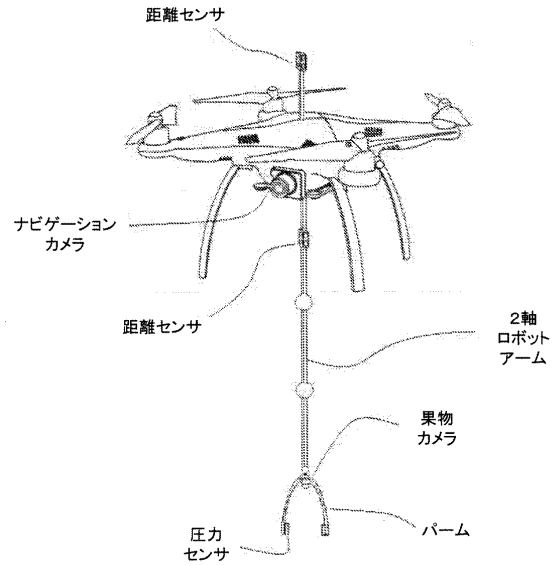
特定の実施形態では、本発明の方法は、鳥用かかし及び／又はガードのためである。

【０２１０】

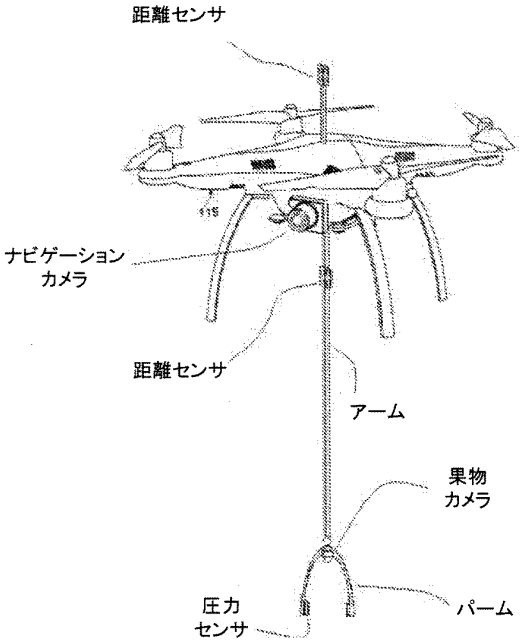
本発明は、農園の日々の状況を保存する、蓄積されたデータベースを提供する。前記日々の状況は、農園内及び灌漑システムからの異なる自律ＵＡＶから受信される。本発明の本データベースは、次の分析を実行するために用いられてもよい。収穫された果物の品質、及び収穫の前の果物の品質の出力；希薄化、剪定、かかし、灌漑等の木の入力処理。本データベースは、収穫された日の果物の品質と木への処理との関係の深層学習の分析を可能にして、日常的な修正動作を可能にして、木を剪定するのに最良の方法が何か、木を希薄化するのに最良の方法が何か、木を灌漑するのに最良の方法が何かの農学的な結論を出すのを可能にする。

【図面】

【図１】



【図２Ａ】



【図２Ｂ】

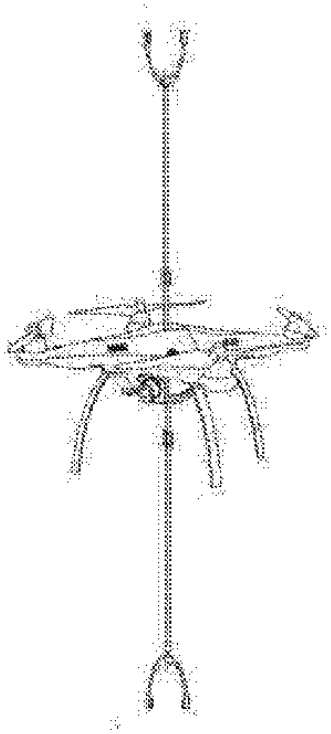


Figure 2B

【図２Ｃ】

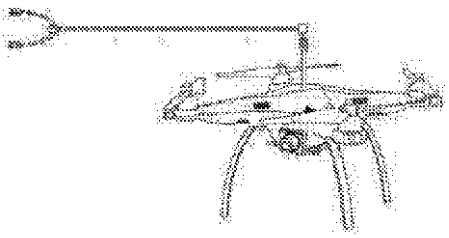


Figure 2C

【図２Ｄ】

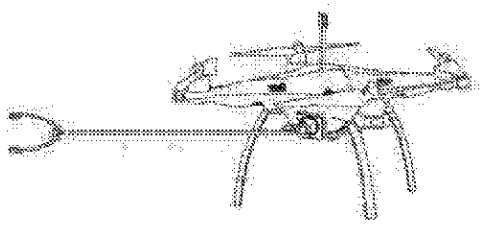
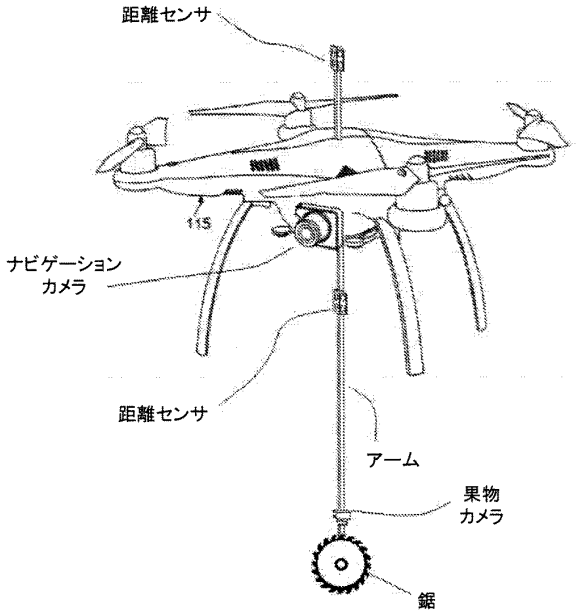
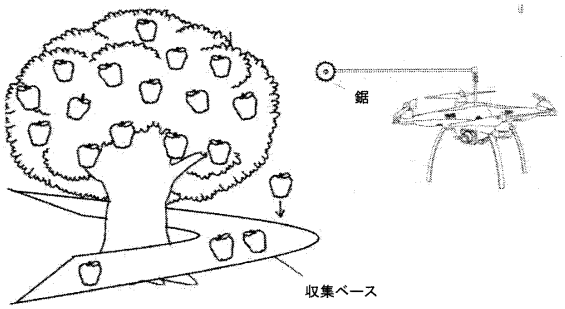


Figure 2D

【図３】



【図４】



【図５】

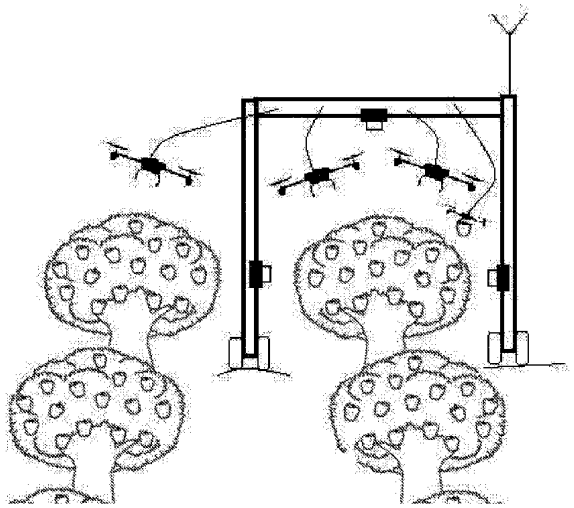


Figure 5

【図６】

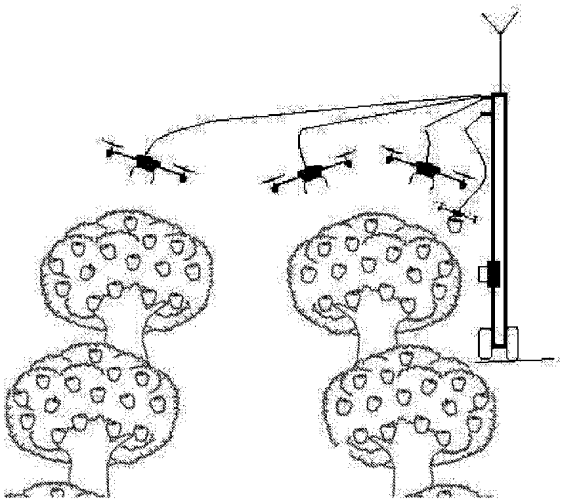
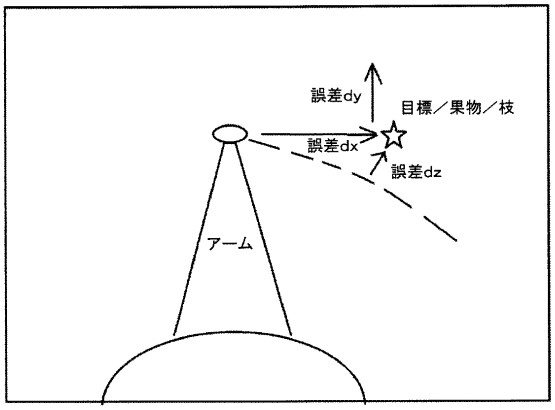
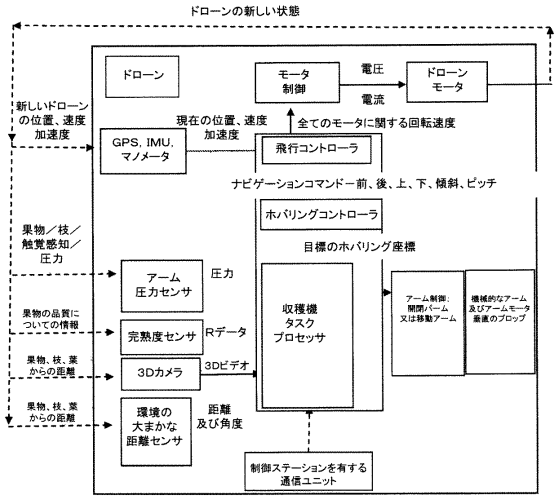


Figure 6

【図７】



【図８】



【図９】

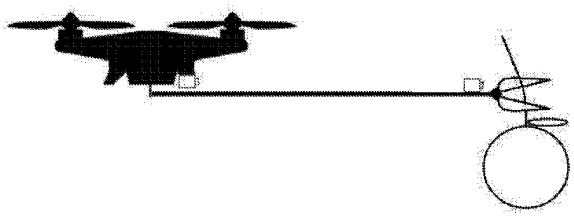
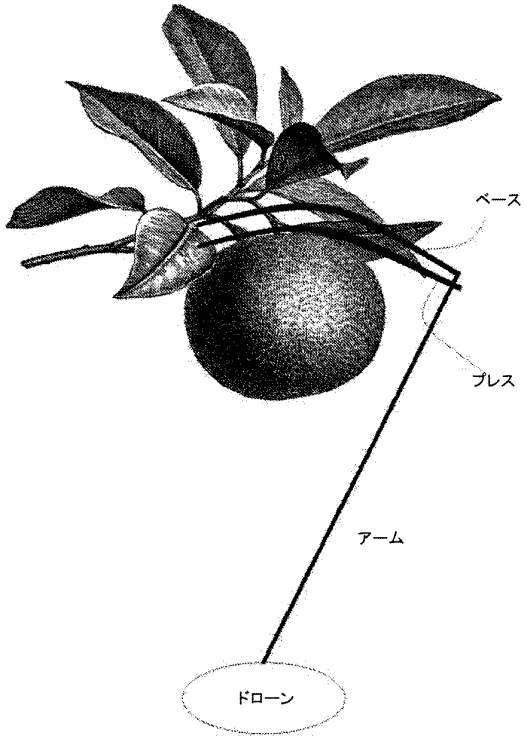
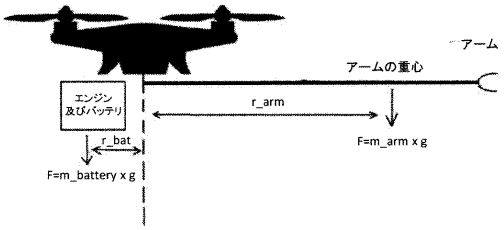


Figure 9

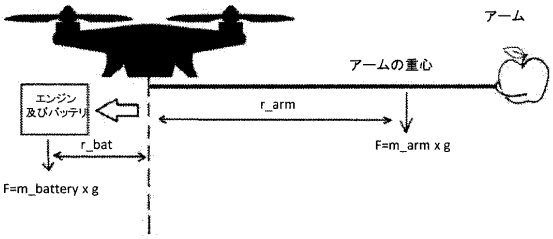
【図１０】



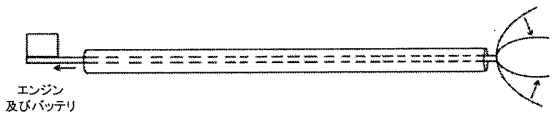
【図１１Ａ】



【図１１Ｂ】



【図１１Ｃ】



【図１２】

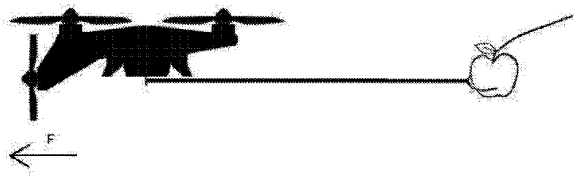


Figure 12

【図１３Ａ】



【図１３Ｂ】

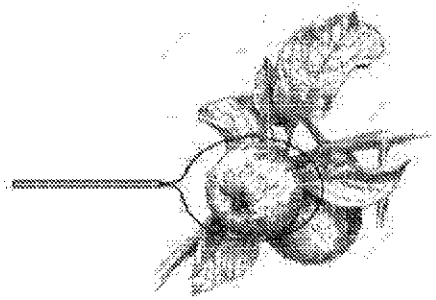
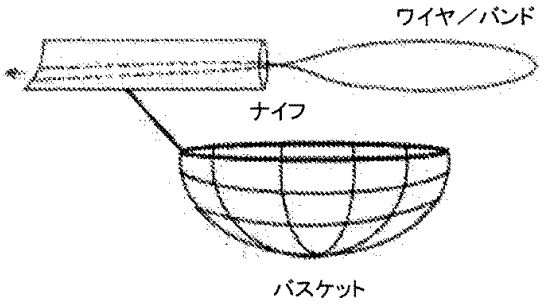
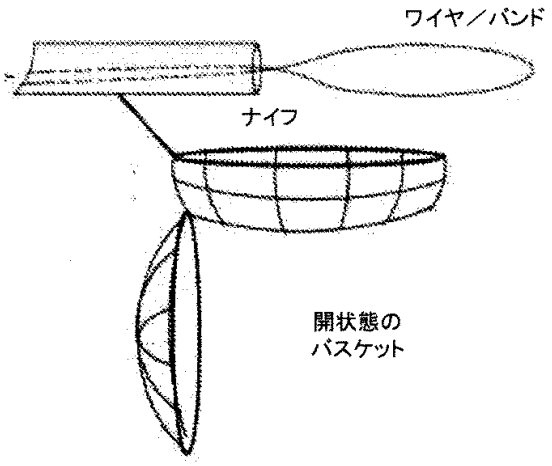


Figure 13B

【図１３Ｃ】



【図１３Ｄ】



【図１４Ａ】

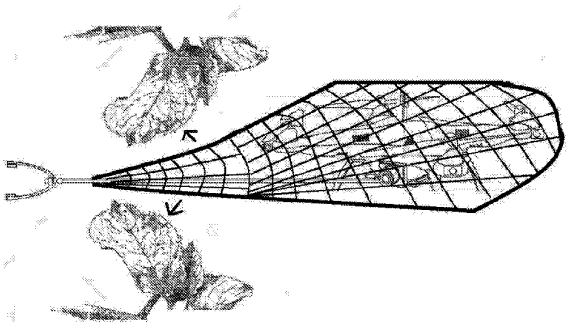


Figure 14A

【図１４Ｂ】

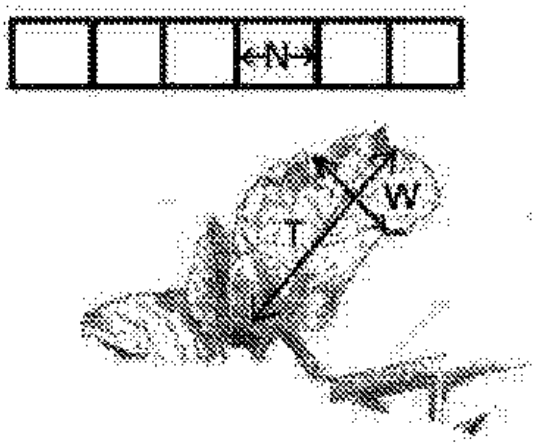


Figure 14B

【図１５Ａ】

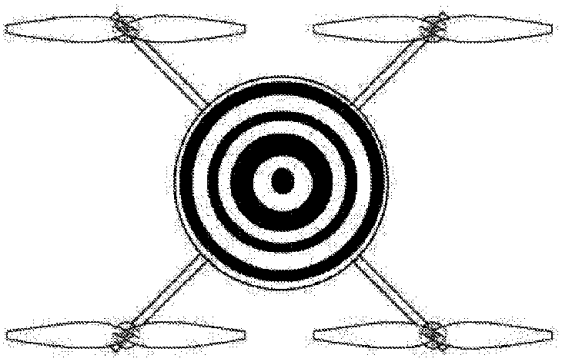


Figure 15A

【図１５Ｂ】

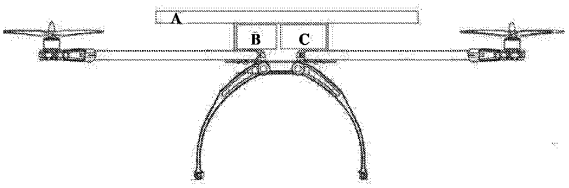


Figure 15B

【図１６Ａ－１６Ｂ】

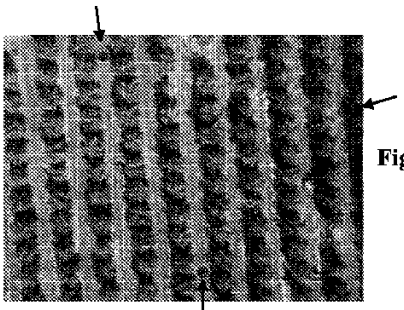


Figure 16A

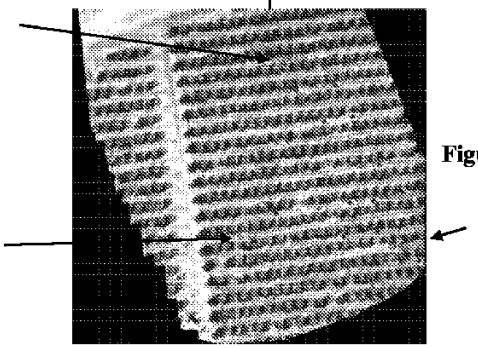


Figure 16B

【図１６Ｃ】

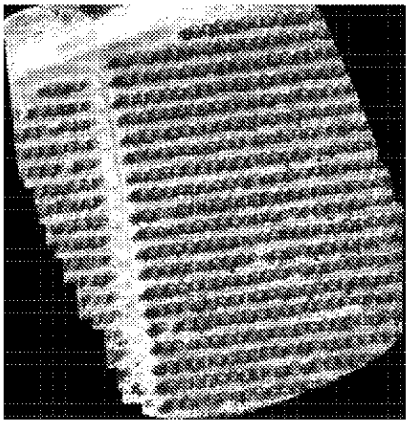


Figure 16C

【図１７】

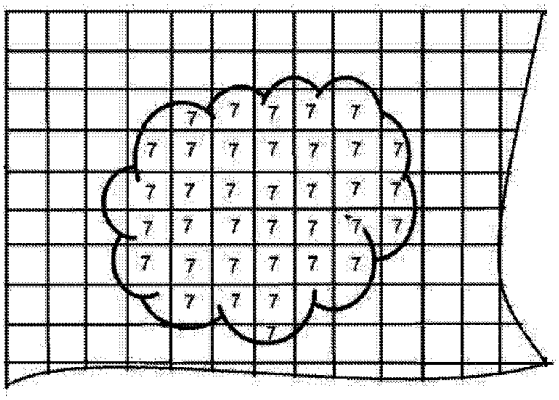
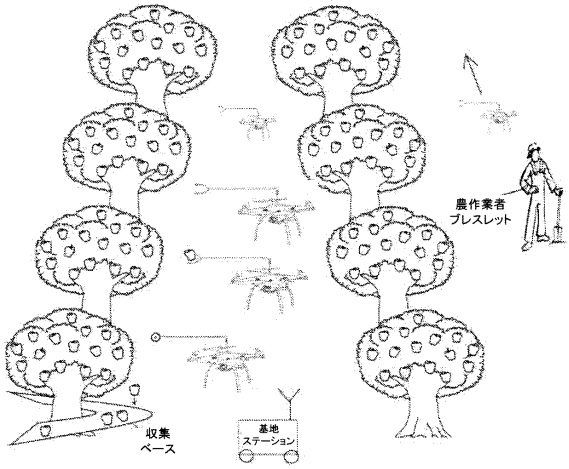
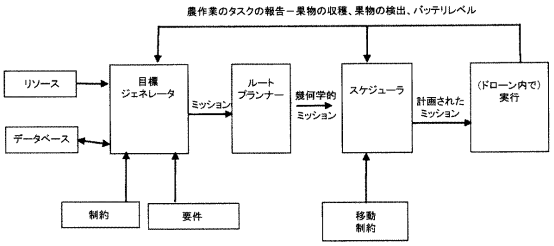


Figure 17

【図１８】



【図１９】



【図２０Ａ】

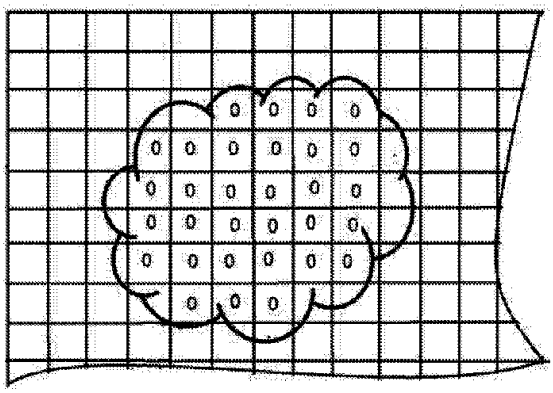


Figure 20A

【図２０Ｂ】

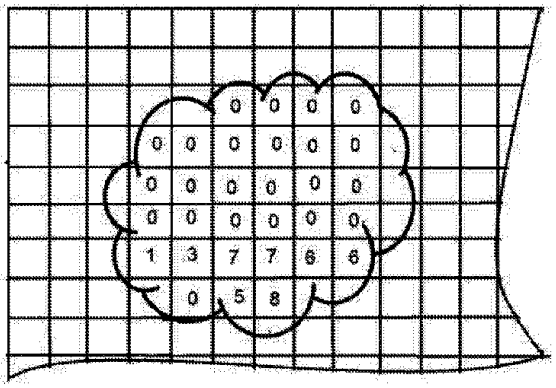


Figure 20B

【図２０Ｃ】

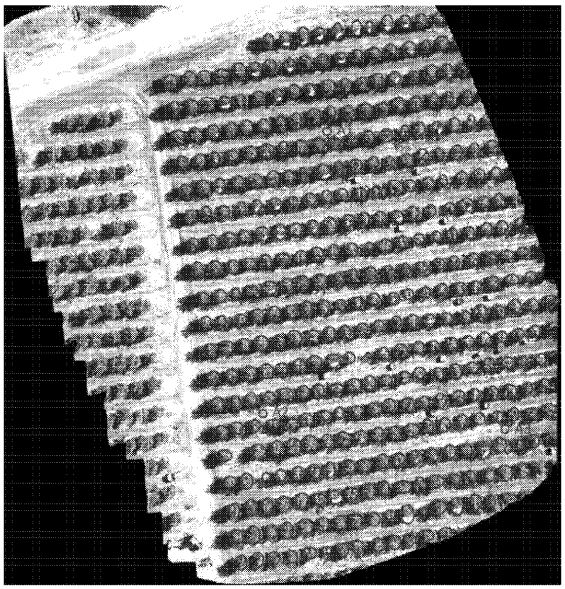


Figure 20C

【図２１Ａ】

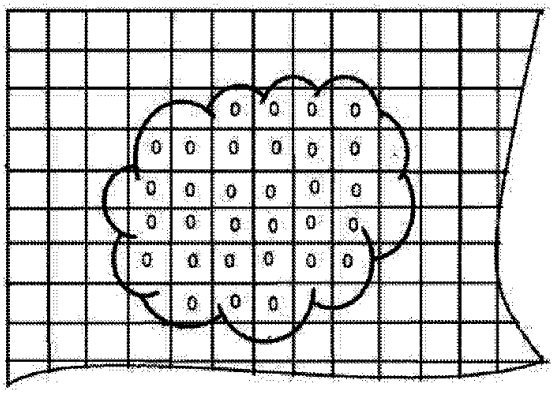


Figure 21A

【図２１Ｂ】

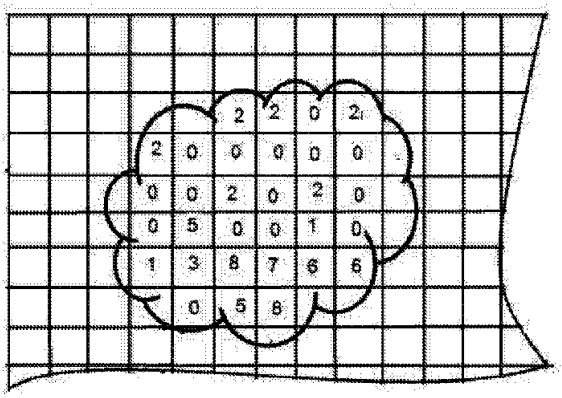


Figure 21B

【図２２Ａ】

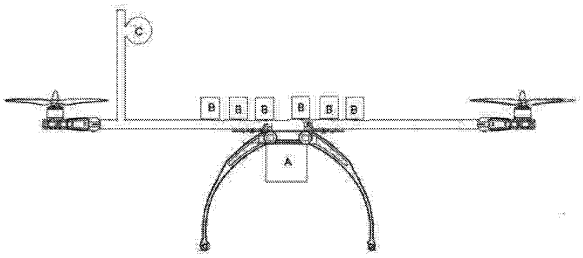


Figure 22A

【図２２Ｂ】

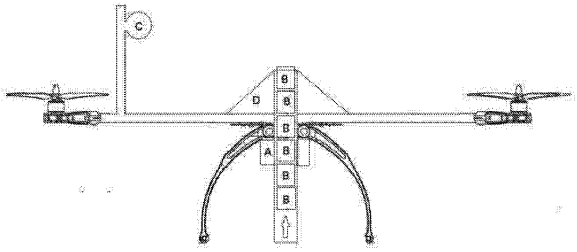


Figure 22B

【図２３Ａ】

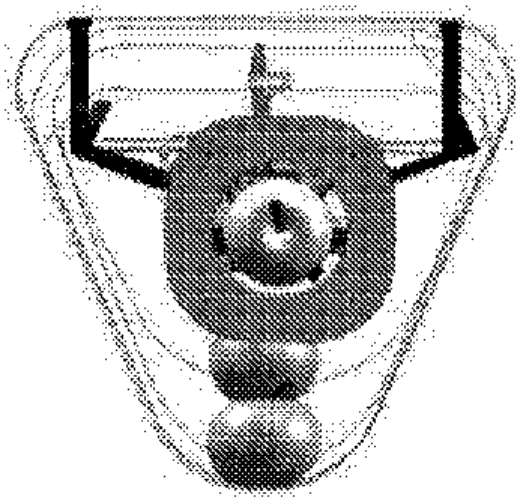


Figure 23A

【図２３Ｂ】

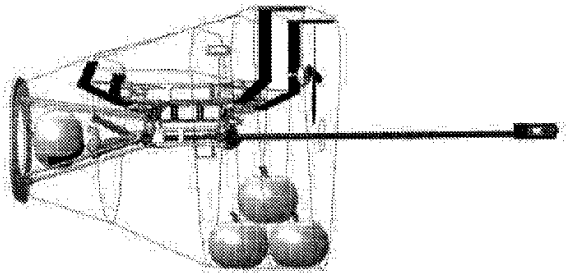


Figure 23B

【図２４】

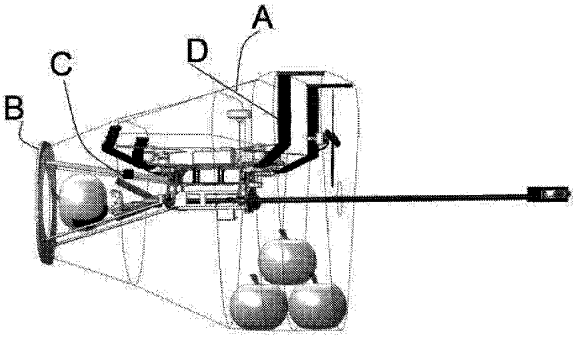


Figure 24

【図２５Ａ】

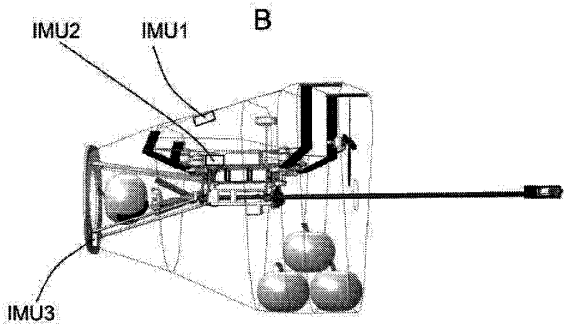
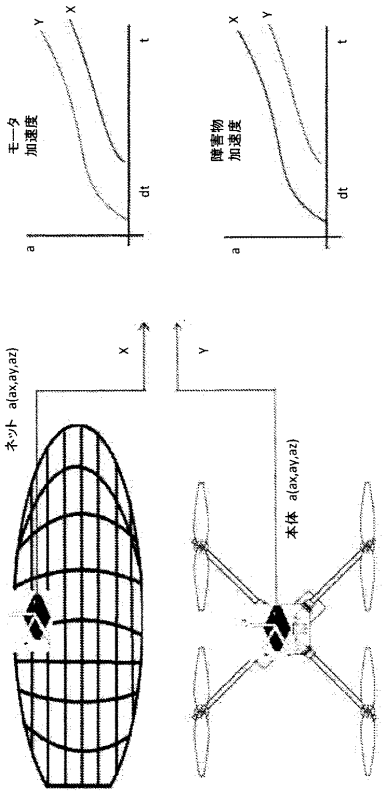


Figure 25A

【図２５Ｂ】



【図２５Ｃ】

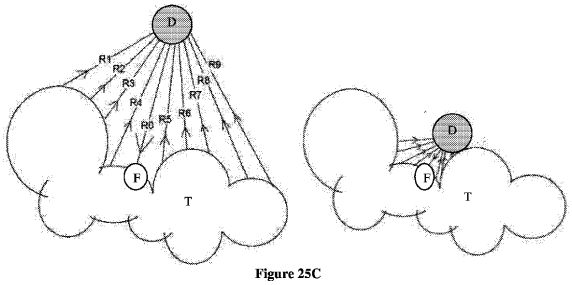


Figure 25C

【図２６】

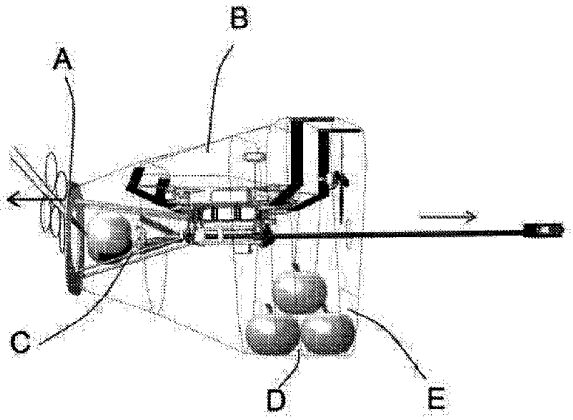
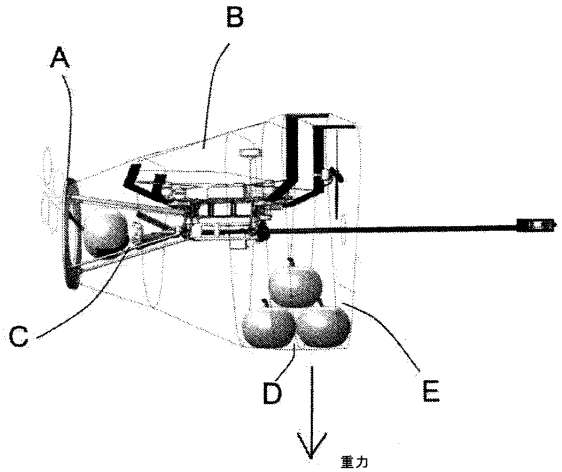


Figure 26

【図２７】



【図２８Ａ】

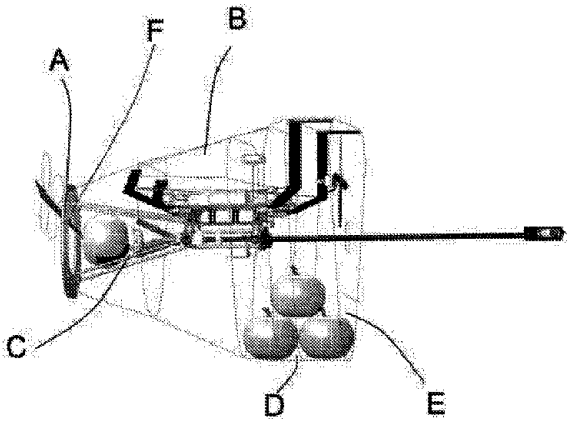


Figure 28A

【図２８Ｂ】

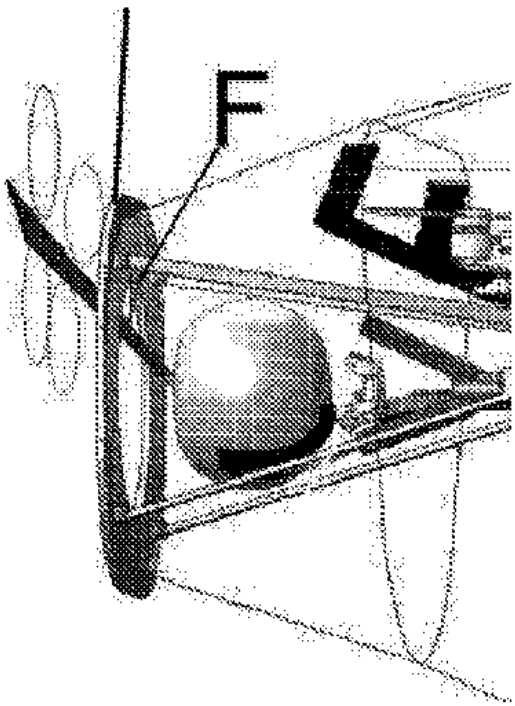


Figure 28B

【図２９】

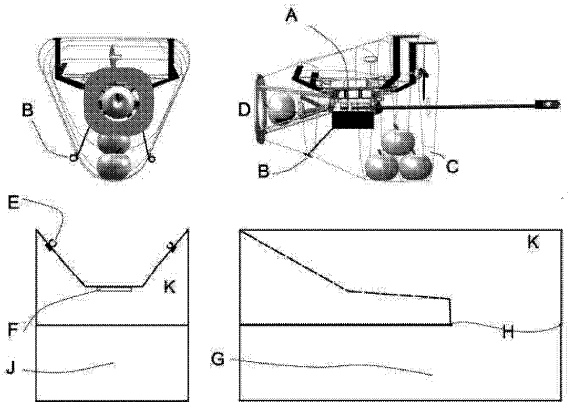


Figure 29

【図３０Ａ】

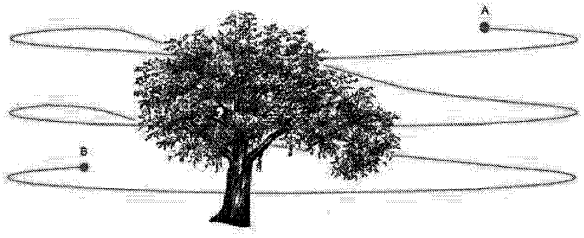


Figure 30A

【図３０Ｂ】

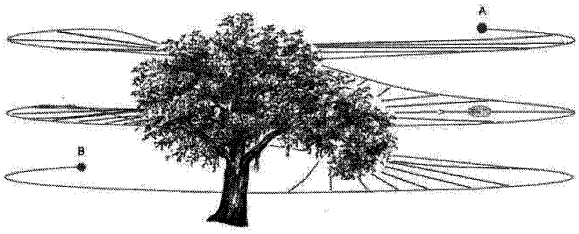


Figure 30B

【図３１】

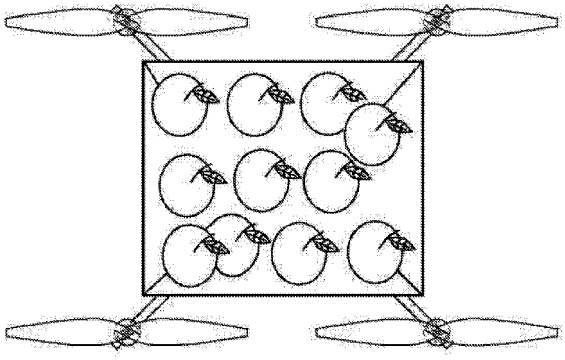


Figure 31

【図３２Ａ】

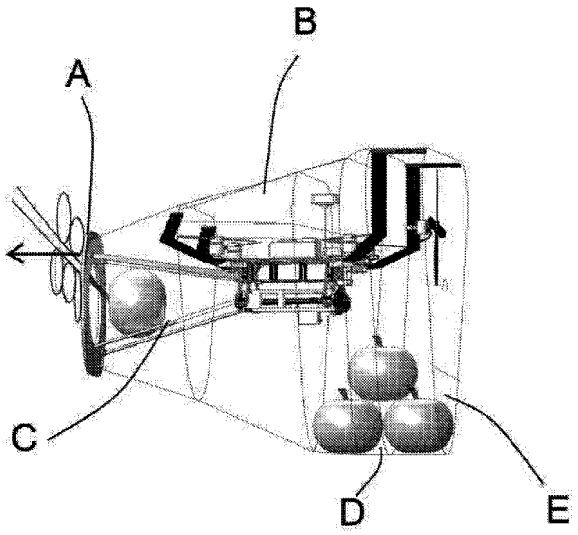


Figure 32A

【図３２Ｂ】

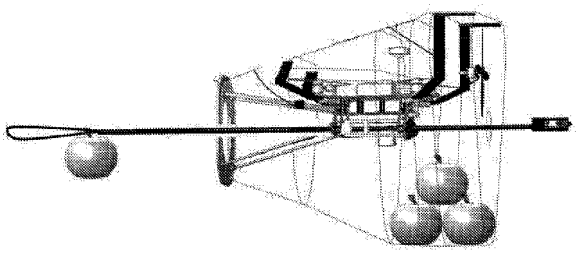


Figure 32B

【図３２Ｃ】

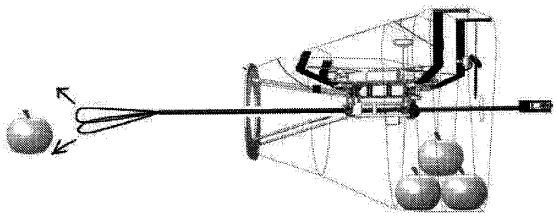


Figure 32C

【図３２Ｄ】

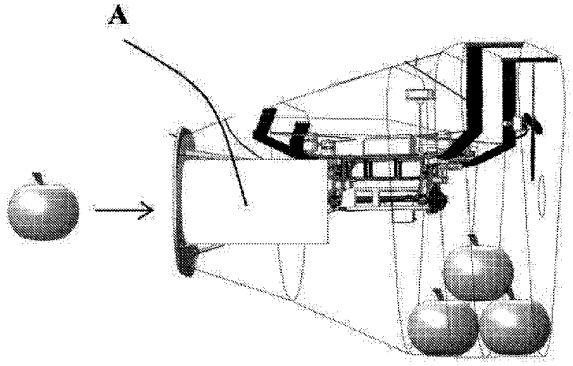


Figure 32D

【図３３】

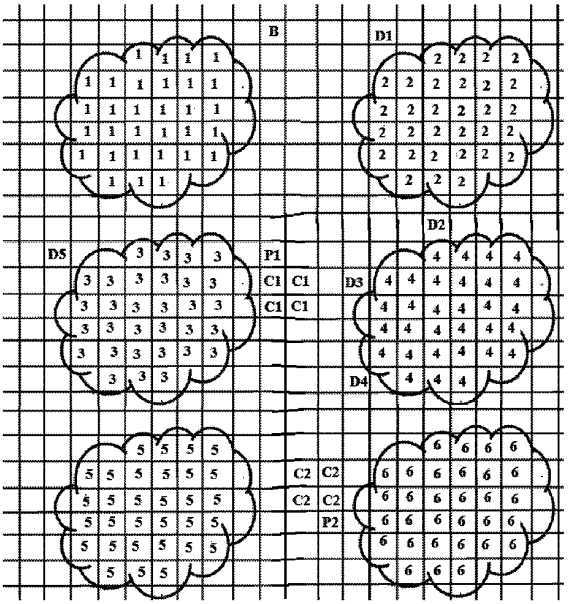


Figure 33

フロントページの続き

(51)国際特許分類
Ｂ６４Ｄ　47/08　(2006.01)
Ｂ６４Ｄ　27/24　(2006.01)
Ｂ６４Ｄ　1/22　(2006.01)
Ｂ６４Ｃ　27/08　(2006.01)

ＦＩ
Ａ０１Ｄ　46/24　Ｚ
Ｂ６４Ｃ　13/18　Ｚ
Ｂ６４Ｄ　47/08
Ｂ６４Ｄ　27/24
Ｂ６４Ｄ　1/22
Ｂ６４Ｃ　27/08

(33)優先権主張国・地域又は機関
米国(US)
イツハク・ラビン・ブールバード２９番

審査官　大澤　元成

(56)参考文献
国際公開第２０１６／１２３６５６（WO，Ａ１）
米国特許出願公開第２０１４／０３０３８１４（ＵＳ，Ａ１）
国際公開第２０１６／０４９２１７（WO，Ａ１）
欧州特許出願公開第０１４８８６７８（ＥＰ，Ａ１）
特開２００７－２６１４１４（ＪＰ，Ａ）
国際公開第２０１５／１４２１６６（WO，Ａ１）
特開２０１３－１３９２５６（ＪＰ，Ａ）
米国特許出願公開第２０１６／０２０９８４９（ＵＳ，Ａ１）

(58)調査した分野　(Int.Cl.，ＤＢ名)
Ａ０１Ｄ　４６／００－４６／３０
Ｂ６４Ｃ　３９／０２
Ｂ６４Ｃ　１３／１８
Ｂ６４Ｄ　４７／０８
Ｂ６４Ｄ　２７／２４
Ｂ６４Ｄ　１／２２
Ｂ６４Ｃ　２７／０８
Ａ０１Ｇ　７／００