

2023年12月25日研究報告

特定非営利活動法人遠隔地域集落の自立可能性に関する実験的研究推進機構  
「実験的研究スマートシティ（仮称）」構想について

日本および世界の各地で「スマートシティ」の構築が試みられている。  
日本においては、

- ① DATA-SMART CITY SAPPORO（北海道札幌市）
  - ② スーパーシティ構想（宮城県仙台市）
  - ③ スマートシティ会津若松（福島県会津若松市）
  - ④ スマートシティさいたまモデル（埼玉県さいたま市）
  - ⑤ 柏の葉スマートシティ（千葉県柏市）
  - ⑥ 横浜スマートシティプロジェクト（神奈川県横浜市）
  - ⑦ 藤枝 ICT コンソーシアム（静岡県藤枝市）
  - ⑧ Woven city（静岡県裾野市）
  - ⑨ スマートシティ構想（兵庫県加古川市）
  - ⑩ スマートシティたかまつ（香川県高松市）
  - ⑪ 北九州スマートコミュニティ創造事業（福岡県北九州市）
  - ⑫ FUKUOKA Smart EAST（福岡県福岡市）
- など。
- ⑥⑩は経済産業省「次世代エネルギー・社会システム実証地域」に選定されている。

世界では、

- ① 「THE LINE」 NEOM（サウジアラビア）  
→高さ 500m・幅 200m・全長 170km の鏡張りの建物に 900 万人が居住予定。
- ② 「都市大脳（ET City Brain）」（中国）  
→ICT を活用した交通コントロールを主体として各所に建設。
- ③ 「Smart Nation Initiative」（シンガポール）  
→スマート国家を目指す。  
など大規模な構想もある。

さまざまな技術分野で次々に新たな技術が開発され、注目されてきている。  
最近ではコロナ感染症およびコロナ後遺症に対する新たな方策も次々に実用化されてきた。  
このたび、実験的研究開発の視点からスマートシティ構想について考えてみたので報告する。

当 NPO による「実験的研究スマートシティ（仮称）」構想について

当「実験的研究スマートシティ」では自立したスマートシティ構築を目標とし、

- ・電力
- ・水
- ・食料
- ・モビリティ
- ・コロナ対策

それぞれの分野について新たな技術を展開することを目的とする。

これらのうち、コロナ対策についてはこれまで

- ・江東区医師会雑誌さざんか 48 号「新型コロナウイルス感染症の早期内服治療に向けて」（2022 年 1 月）
- ・江東区医師会雑誌さざんか 48 号「SARS-CoV-2 のエンドサイトーシスによる細胞内侵入プロセスについて」（2022 年 1 月）
- ・江東区医師会雑誌さざんか 49 号「COVID-19 後遺症に対して病態から見た治療法開発の試み」

(2022年7月)

- ・江東区医師会雑誌さざんか49号「COVID-19の診療と後遺症の診療を両方行なった経験から見えてきたいくつかの仮説」(2022年7月)
- ・江東区医師会雑誌さざんか51号「ブレインフォグ改善度スコアによる定量的評価法を用いた後遺症治療について」(2023年7月)
- ・江東区医師会雑誌さざんか51号「サイトカインストーム発生時緊急往診におけるデキサメタゾン1日分処方の有効性：後遺症予防の観点から」(2023年7月)にて報告してきた。

今回は「電力」「水」「モビリティ」についてまとめてみた。

### 【電力について】

当「実験的研究スマートシティ」構想において、電力については、

- ・スターリングエンジン
  - ・フォトニックナノ構造結晶による光変換技術
  - ・ペロブスカイト太陽電池
  - ・ロスなし重力蓄電
  - ・グリッドタイインバータ
- を中心技術としており、以下の技術項目からなる。

①スマートシティ内発電センターでの太陽光発電は「フォトニックナノ構造結晶」技術により広い波長域の光を利用した超高効率太陽光発電システムとする。

→太陽光発電に利用できる波長域は意外と狭く、本来利用できない波長域の光や熱を太陽光発電に利用可能な波長の光に変換する光変換技術はとても有用と考えている。

②スマートシティ内発電センターでの定常発電にはスターリングエンジンを使用する。

→太陽光発電は不安定であるためスターリングエンジンによる定常発電はベースとなる。

燃料はバイオマスなど燃えるものは何でもOK(バイオマスはゼロエミッション)。

③スマートシティ内発電センターと各家庭における発電蓄電システム間の連繋は「グリッドタイインバータ」技術を中心とする

→日本ではまだ認められていないが今後重要となる(はず)。

④各家庭の太陽光発電は「ペロブスカイト太陽電池」で行なう。

→フィルム状のため、屋根だけでなく壁面、窓、ドアなど光が当たるところすべてペロブスカイト太陽電池とする。

⑤各家庭の定常発電は、外燃機関である「スターリングエンジン」により行なう。

→バイオマスや可燃ゴミは内燃機関では利用できないが、スターリングエンジンでは直接利用可能。原子力発電や火力発電のように水を沸騰させて蒸気でタービンを回す必要がない。

⑥蓄電システムとしては「ロスなし重力蓄電」技術を中心とする。

→海外では大規模な重力蓄電システム(位置エネルギーに変換して蓄電)が実験されている。

揚水発電のような蒸発によるロスやバッテリーの自然放電によるロスがない。

もちろんいずれも現時点ではまだまだ実用化レベルではないが、高効率の電力システムを有するスマートシティを実現する上でいずれも重要な技術分野と考える。

### 【水について】

サウジアラビアのスマートシティ計画NEOMでは海水淡水化により真水を得る計画となっており、日

本と共同で開発が行なわれている。

しかしこの方法は海に近い地域に限定される。

当実験的研究スマートシティでは「水は空気から作る」ことを想定しており、より広範な環境に対応できることを目標としている。

空気には水蒸気の形で水が含まれている。

単位体積あたりの空気を含むことのできる水蒸気量には限界があって、温度に依存する(飽和水蒸気量)。飽和水蒸気量は温度が高いほど多く、そのため温度の高い空気が冷やされると水蒸気が水になって結露するので厄介。

本方法はこの現象を積極的に真水の確保のために利用する。

・実際にどれだけの水が作れるか？

気温 25°C で湿度 50% の環境で空気 1m<sup>3</sup> に含まれる水蒸気量は 11.55g。

この空気が 5°C まで冷却されると 1m<sup>3</sup> に含むことができる水蒸気量は 6.81g になる。

その結果、 $11.55 - 6.81 = 4.74\text{g}$  が水となる。

10m<sup>3</sup> の空気を冷却すると単純計算で約 47ml の水が得られる。

ひょっとしたら自分が使うだけの水を自分で作ることも夢ではないかもしれない。

・空気はどうやって冷やす？

空気を冷やすためにはエアコンのように冷媒を使うサイクルが一般に使われているが、構造がやや大がかりになる。

これに対して、たとえば天体写真を撮るときにはペルチェ素子を用いて撮像素子を冷却するシステムが使われている。ペルチェ素子を使った冷蔵庫もあり、比較的一般的になっている技術といえる。

当「実験的研究スマートシティ」ではペルチェ素子を用いて空気を冷却する方法により水を確保するシステムを想定している。

もちろん夢の技術かもしれないが、いつでもどんな環境でも水が自立できることの意味は大きい。

### 【モビリティについて】

電気自動車の最大の課題はバッテリーだが、当「実験的研究スマートシティ」では

- ①走行中リアルタイムワイヤレス給電自動運転自動車
- ②飛行中リアルタイムワイヤレス給電自動運転空飛ぶ自動車を想定している。

現在世界で一般的に研究されている方式は、路面の走行レーンに沿って給電コイルを設置し、自動車本体の受電部で走行中にリアルタイムでバッテリーを「充電」するために非接触給電を行なう方法が主。

これに対して、当スマートシティの走行中リアルタイムワイヤレス「給電」は直接駆動系に給電することを想定している。

それゆえ、走行中は原則バッテリーは不要で、ワイヤレス給電エリア外でのみバッテリー駆動となる。給電エリア内のみの走行であればバッテリーを搭載しないことも可能。

もちろん、ハンドオーバーなどによる走行中の給電環境変化を緩衝する目的でバッテリーによるバッファを介してもよく、また車庫入れやエリア外走行時はバッテリー走行になるので、そのためのバッテリーはあるといい。

さらに、当スマートシティでは①だけでなく②の構想も想定している。

これには、路面からの近接型ワイヤレス給電とは異なり、遠距離送電技術に立脚したシステムが不可欠となる。

遠距離送電は例えば送信部から電磁波により受信部に空間伝送するといった技術分野で、この技術によれば「飛行中リアルタイムワイヤレス給電自動運転空飛ぶ自動車」も夢ではない。

搭載するバッテリーは緊急時着陸用であれば小型軽量のものでいい。

医療分野では国内で 2000 年代にすでに体外から電磁波により消化管内のカプセル内視鏡に遠隔給電する技術が開発されており、海外では宇宙で太陽光発電して電磁波で地球に送電する構想もある。

もちろん、電磁波が生体に及ぼす影響など医学的にも解決すべき課題がたくさんあるが、各医学会とも協力して今後の技術開発に期待したい。

#### 【ワイヤレス給電について】

ワイヤレス給電技術(WPT)の代表的なものは次の2つ。

- ①非接触近接型ワイヤレス給電
- ②マイクロ波等空間伝送型ワイヤレス給電（光無線給電なども含む）

個人的にはさらに、給電技術のレベルを次の5つの段階に分けて考えている。

- ①停車時に車載バッテリーに充電器からプラグを繋いで有線で充電を行なう（現在の電気自動車）。
- ②停車時に車載バッテリーにワイヤレス充電を行なう（ワイヤレス充電ステーションなどで）。
- ③走行中に車載バッテリーにリアルタイムで道路からワイヤレス充電を行なう。
- ④走行中に駆動系にリアルタイムで電線などから接触給電を行なう（電車など）。
- ⑤走行中に駆動系にリアルタイムでワイヤレス給電を行なう。

③と⑤は似ているようだが、

⑤はバッテリーを搭載しなくても走行でき、大型トラックなどでバッテリー重量がかさんで荷物があまり積載できないという欠点を解消できる可能性がある。

①②③は重いバッテリーを常に搭載しないといけない。

それゆえ、当実験的研究スマートシティでは⑤の技術を中心技術として想定している。

具体的形態としては次の2つ。

・走行中リアルタイムワイヤレス給電自動運転自動車（非接触近接型ワイヤレス給電による給電または遠隔給電）

・飛行中リアルタイムワイヤレス給電自動運転空飛ぶ自動車（遠隔給電）

つまり、マイクロ波等空間伝送型ワイヤレス給電などの遠隔給電技術は今後不可欠の技術になると考える。

#### 【マイクロ波等空間伝送型ワイヤレス給電について】

非接触近接型ワイヤレス給電にはいくつかの解決困難な課題がある。

- ・給電コイルと受電コイルが近接しているために車の最低地上高が低く、障害物により損傷しやすい。
- ・道路に給電コイルを設置するとその上を歩行者が通行する際に健康障害をもたらすリスクがある（MRI禁忌の人など）。
- ・路面に厚い積雪があると十分な給電ができない可能性がある。

これらに対する解決法はいろいろ考えられるが、当スマートシティではワイヤレス給電については、道路面ではなくたとえば街灯など積雪の影響を回避するシステムを想定している。

マイクロ波等空間伝送型ワイヤレス給電技術により「飛行中リアルタイムワイヤレス給電自動運転空飛ぶ自動車」も実現可能性がでてくるが、これにも解決すべき課題がある。

- ・車体は静電シールドされていると考えられるが、それでも電磁波による乗員の健康への影響は臨床的に検討を要する。
- ・電磁波は広がりをもって伝播するため、歩行者などへの電磁波照射リスクがある。
- ・宇宙で太陽光発電して電磁波で地球に送電する場合、回折により地表の広い範囲に照射されてしまうため、住宅地などを受電エリアにすることが困難（現時点では海上を受電エリアとする構想が主）。

まだまだ技術的にも医学的にも解決すべき課題が多いが、世界でもいろいろ実験が行なわれており、今後も工夫を重ねていきたい。

#### 【透明なペロブスカイト太陽電池を塗布したガラスは？】

ペロブスカイト太陽電池はガラスやプラスチックの表面に塗布することで作成できるので、建物のあ

らゆる表面で発電できる。それ自体はフィルム状で光透過性があり、可視光は通過させてそれ以外の波長で発電することで「発電する窓ガラス」も十分に実現可能性がある。

建物だけでなく、「走行中リアルタイムワイヤレス給電自動運転自動車」や「飛行中リアルタイムワイヤレス給電自動運転空飛ぶ自動車」の窓ガラスや車体表面で発電しながら移動できるスマートシティも夢ではない。

#### 【スマートシティのマンションは？】

もし、5ナンバー（小型自動車）サイズの空飛ぶ自動車が実用化すると、マンションには各戸に「空飛ぶ自動車離発着可能なベランダ車庫」がつくようになり、エレベーターで降りることなくベランダから飛び立つことができるかもしれない。

全長 4.7m・幅 1.7m・高さ 2m 未満の「5ナンバーサイズ」の空飛ぶ自動車はスーパーの駐車場にも空から駐車でき、既存のインフラをそのまま利用できることから従来技術にはない利点を有する(図 1)(図 2)(図 3)(図 4)(図 5)。

・図 1 は実施例 1 の側面図を示す。

ローターが最上部にあることから揚力中心は機体上部にあり、重いバッテリー等はキャビン底部に位置することから重心は機体下部にある。それゆえ力学的に安定な平衡状態となる。

1 はアクティブ懸垂装置を示し、加減速時にローター結合アーム 2 が傾いてもキャビンを水平に保つ機能を有する。これによりキャビンは常に水平となり乗員に不快な傾斜をもたらすことが少ない。

ローター結合アーム 2 は超音波モーター等によりアクティブにキャビンを水平に保つための回旋補正機構 3 を有し、これにより旋回時にキャビンの左右の傾きをキャンセルする。

着陸時支持脚 4 は衝撃緩衝能を有する素材からなり、万一の落下時にキャビンと乗客を衝撃から守る安全性をも付与する。

・図 2 は実施例 1 の上面図を示す。

ローター数が 16 あり、これにより万一複数のローターが停止した場合にも機体がただちに落下するリスクを小さくできる。

・図 3 は実施例 1 を小型自動車駐車場に駐車した状態の配置図を示す。

既存の小型車駐車場インフラをそのまま利用でき、屋上に直接駐車することも可能。

・図 4 は実施例 1 の力学的構成を示し、重心  $g$  が揚力中心  $s$  よりも下にあるので力学的に大変安定な平衡であることを示す。

図 4a は概略正面図、図 4b はいわゆる「やじろべえ」に相当する構成概念を示す。

揚力中心  $s$  からは上方に揚力  $f_u$  が発生し、重心  $g$  からは下向きの重力  $fg$  が働く。揚力中心  $s$  が重心  $g$  よりも上方にあることから揚力は機体を引き上げる方向に作用する。

・図 5 は実施例 1 とは異なる逆向きの例を示し、重心  $g$  が揚力中心  $s$  よりも上にある場合には力学的に不安定な平衡となることを示す。

図 5a は概略正面図、図 5b はいわゆる「やじろべえ」に相当する構成概念を示す。

揚力中心  $s$  からは上方に揚力  $f_u$  が発生し、重心  $g$  からは下向きの重力  $fg$  が働く。揚力中心  $s$  が重心  $g$  よりも下方にあることから揚力は機体を下から押し上げる方向に作用する。

この場合は少しでも平衡が崩れるとひっくり返ってしまい、安定して平衡を保つことが困難。

#### 【臨海副都心から遠隔地域へ】

当「実験的研究スマートシティ」構想は、地域や環境によらず新しい技術を実用化する実験的研究の場として構築しています。

実現するとひょっとしたら世界一？のスマートシティになるかもしれません。

すてきな未来の姿にたくさん夢を描いています。（2024年4月18日一部改定）

図 1

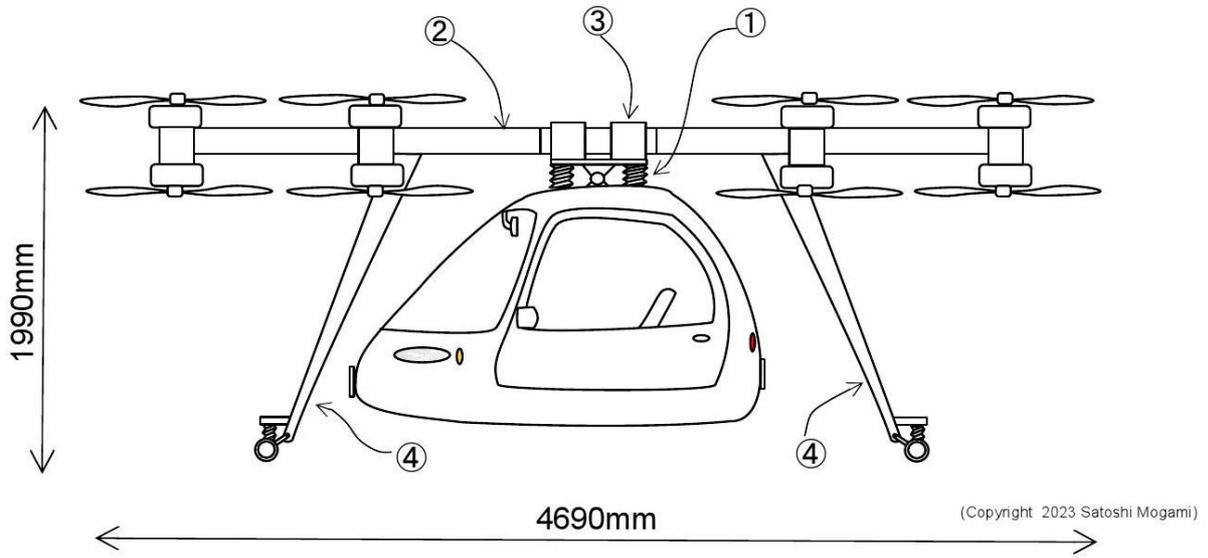


図 2

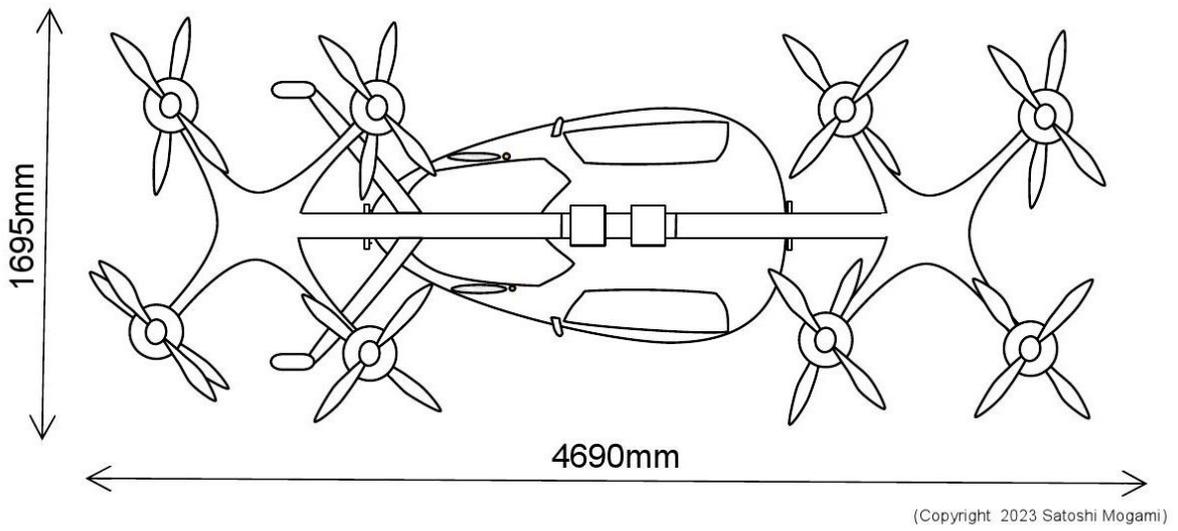
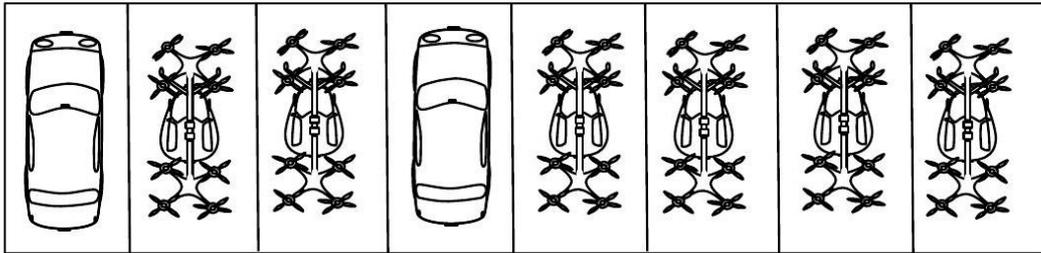
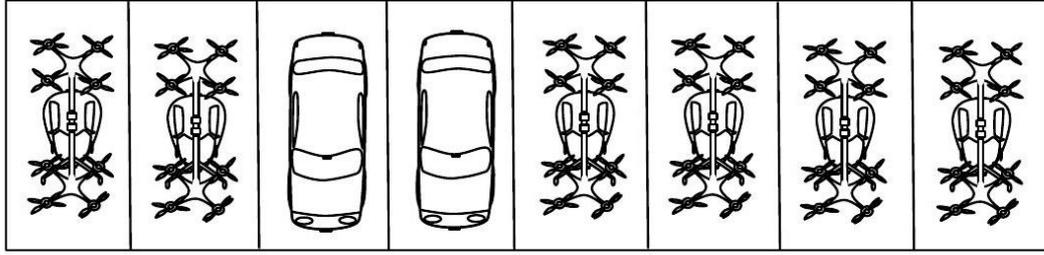


図 3



(Copyright 2023 Satoshi Mogami)

図 4

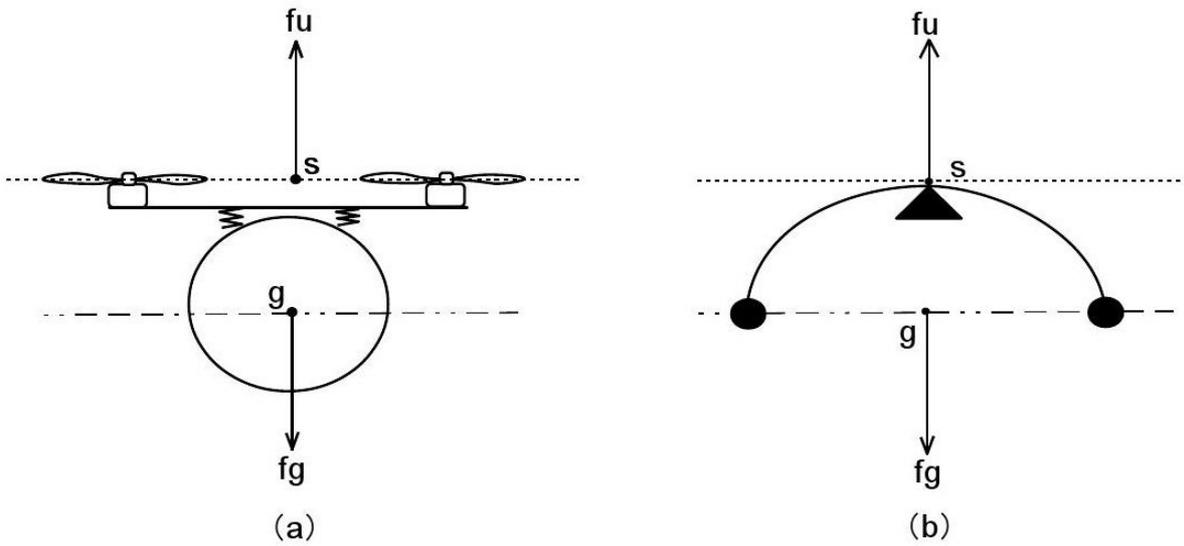
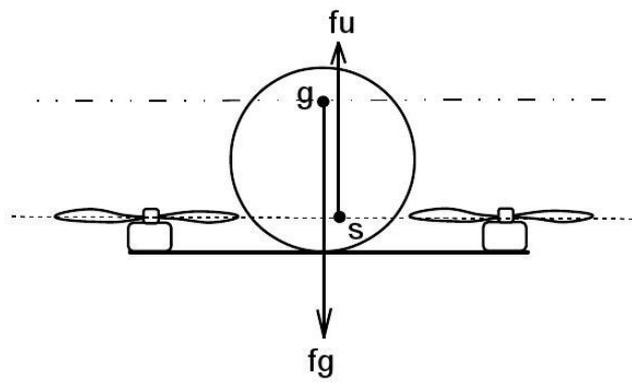
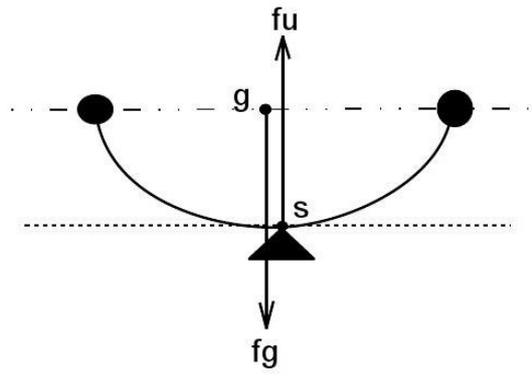


図 5



(a)



(b)