

VLSIの風による制御可能性に関する概略検討(1)

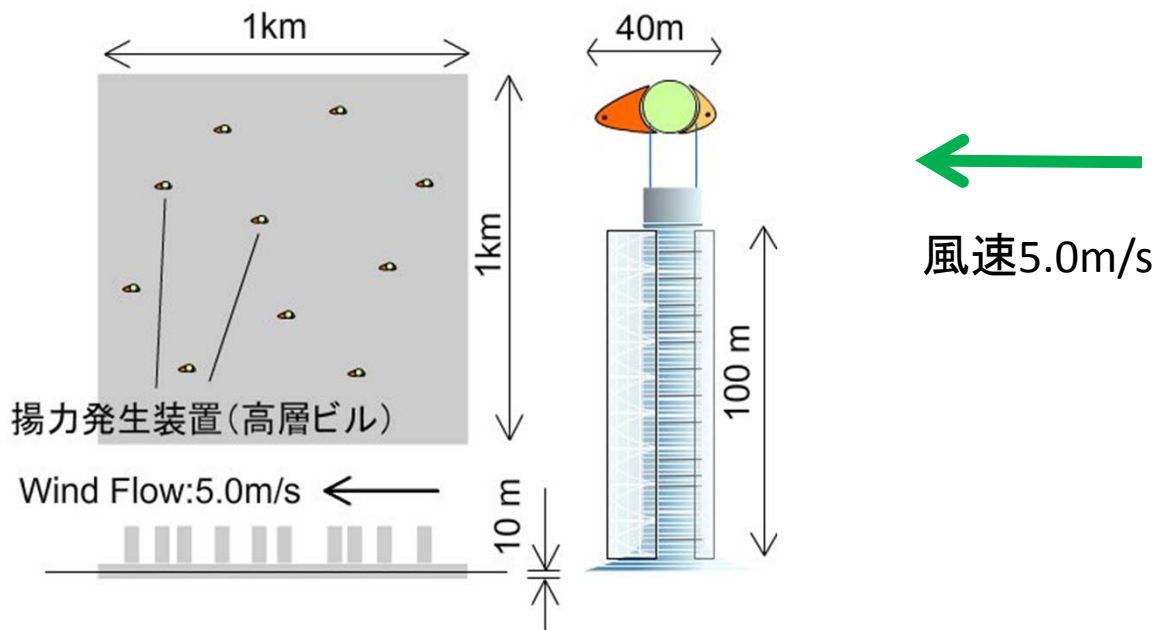
オーシャンリパブリック構想におけるVLSIの位置制御に関しては以下の条件が必要である。

1) 太平洋、大西洋、インド洋などの大洋において、海流に沿って、時計まわり、反時計まわりに洋上を周回できること。

2) 台風、暗礁、島などの障害物を避ける目的で風力による揚力発生装置(高層ビル)により、ある程度の制御可能性を持つこと。

このドキュメントでは上記、下線部の2)について検討することとする。

今、下に示すような1辺の長さ1km、正方形のVLSIが、正面から(下図の右方向から)5m/sの風を受けているとする。このVLSIが一日にどれくらい、風により風の直角方向(下図の上方向)に移動可能かを計算する。揚力発生装置(高層ビル)は合計10体ある。(以下の図におけるスケールに対する縦横比は合わせてある。)



- フロートの一辺の長さ: 1km
- フロートの水没部分深さ: 10m
- 揚力発生装置の高さ: 100m
- 揚力発生装置の翼面幅: 40m
- 揚力発生装置(高層ビル)の数: 10
- 仮想向かい風風速: 5.0 m/s

翼型形状物に働く揚力の強は以下の公式で求められる。ここでは理想的に力が働くとは仮定している。このLを1体分の揚力発生装置(高層ビル)に働く上向きの方と見れば、

$$L = \frac{1}{2} \rho_a V_w^2 S_L C_L \dots(1)$$

- L: 揚力 (不定)
- ρ_a : 空気密度(1.3 kg/m³)
- V_w : 風の強さ(5 m/s)
- S_L : 翼面積(40m x 100m =4000m²)
- C_L : 揚力係数(0.6 として計算)

計算すると、揚力発生装置(高層ビル)1体あたり39000 kg.m/s²となり高層ビルが10体あれば390000 kg.m/s²となる。この力がVLSI風向き直角方向(図の上方向)にかかっていると見ることができる。

一方、VLSIの水没部分の上向き進行方向の投影面積に当たる水流による抵抗力は次式で求められる。

$$D_1 = \frac{1}{2} \rho_w V_v^2 S_{v1} C_x \dots(2)$$

- D_1 : 図面下向きにかかる海水の抵抗力
(上の合計揚力と釣り合うと考える)
- ρ_w : 海水密度(1025 kg/m³)
- V_v : VLSIの速度(不定)
- S_{v1} : 投影面積(10m x 1000m =10000m²)
- C_x : 平板抵抗力係数(1.5 として計算)

また、別に1km四方のメガフロートが摩擦抵抗を生み出す。それは次式で与えられる。これら D_1, D_2 の合計が、(1)で求められた10体分の揚力発生装置の力と拮抗することになる。

$$D_2 = \frac{1}{2} \rho_w V_v^2 S_{v2} C_f \dots(3)$$

- D_2 : 海水によるメガフロートの摩擦抵抗
- ρ_w : 海水密度(1025 kg / m³)
- V_v : VLSIの速度(不定)
- S_{v2} : フロート底面積(1000000m²)
- C_f : 海水摩擦係数
(1.492×10^{-3} として計算、次頁参照)

(3)式で C_f は以下の Hughesの式から求めた。

$$C_f = 0.066 (-2.03 + \log_{10} R_n)^{-2} \quad \dots(4)$$

$$R_n = \frac{VL}{\nu} \quad \dots(5)$$

V : 0.5 m / s (仮定)

L : 1000 m

ν : 1.054×10^{-6} m²/sec

下の式のうち V_v がわかっていないので、(1)式の10倍の大きさの $390000 \text{ kg} \cdot \text{m} / \text{s}^2$ が(2)式と定常状態で釣り合っているとして、

$$\begin{aligned} 10 \times L = D_1 + D_2 = & \frac{1}{2} \rho_w V_v^2 S_{v1} C_x \\ & + \frac{1}{2} \rho_w V_v^2 S_{v2} C_f \quad \dots(6) \end{aligned}$$

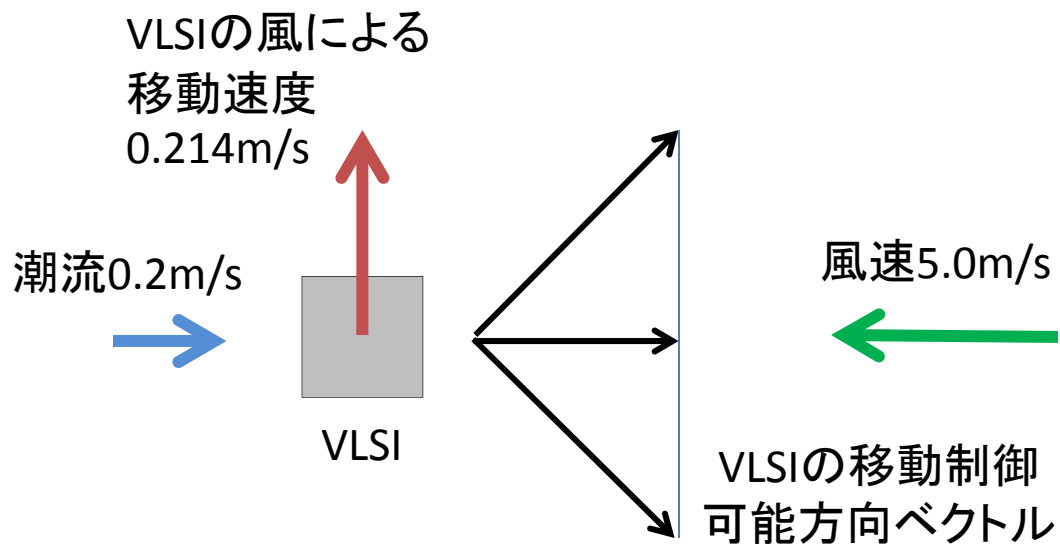
この式を解くと V_v が求められその大きさは約、 $V_v = 0.214 \text{ m/s}$ と求められる。
これから一日当たりのVLSIの移動量を計算すれば

$$0.214 \text{ m/s} \times 3600 \text{ sec.} \times 24 \text{ h} = 18.5 \text{ km} \quad \dots(7)$$

この計算でVLSIの一日当たりの風向き直角方向に移動可能な距離が18.5kmであることがわかった。

では、太平洋での潮流はどれくらいだろうか？

朝倉書店「海洋開発技術ハンドブック」によれば北赤道海流の流速は0.25m/s ~ 0.50m/s であると書かれている。VLSIの速度がこの速度を超えることはないわけで、仮に海流と、空気抵抗や水の抵抗とバランスしてVLSIが0.20 m/s の速度で動いているとすれば、VLSIは進行方向真正面から吹く風に対しては、ほぼ斜め45度にVLSIを移動させ、障害物を回避したりする制御が可能ということになる。



実際には太平洋や大西洋でどれくらいの風が吹いているのだろうか？
以下はJAMSTECのデータである。

<http://www.jamstec.go.jp/frcgc/jp/publications/news/no24/jp/04p.html>

上のリンク先のデータを参考にすれば、ほぼ洋上では5m/s以上の風が吹いていることがわかる。したがって上の計算でわかるようにVLSIをコントロールできる範囲はかなり広がることになる。

参考資料：

- 1) 造船設計便覧(関西造船協会編 1981年版)
- 2) 海洋開発技術ハンドブック(朝倉書店 1975年版)