

那岐山頂付近の風（広戸風対策）

大野 朋美・大亀 衛*

岡山理科大学大学院理学研究科修士課程応用物理学専攻

*岡山理科大学理学部応用物理学科

(1996年10月7日受理)

摘 要

那岐山などによって形成されている山脈の頂上部分が円柱面状に削られ、この削られた那岐山周辺の風速が複素速度ポテンシャルの理論を用いて数値解析された。削られた那岐山頂付近に現われる最大風速は削られる前のものと比較して弱まっている。更に、風上にある山麓付近の境界層の厚さを厚くしても、最大風速は弱められる。けれども、削られる量が大きいと、この境界層の厚さによる影響は少ない。また、風上の山麓に広がる平地での風速から、那岐山頂に現われる最大風速が求められる。

1. はじめに

農作物などに大きな被害を与えている局地風の一つに、岡山県北の日本原へ那岐山頂から吹き下りて来る広戸風がある。すでに、この那岐山頂に強風の現われることは数値計算によっても求められている¹⁾。他方、半円柱状の山の周辺に現われる風速は解明されており、山頂に現われるその最大風速は一樣に吹いて来る風速の2倍である^{2,3)}。ここでは、那岐山などによって形成されている山脈の頂上部分を円柱面状に削ることによって、広戸風の風速を弱めることがこころみられる。

2. 基礎式と数値解

a) 基礎式

那岐山の頂上部分が半径 a の円柱面になるように削られる (図1)。円柱の中心線是那岐山の頂上の角の二等分面上に取られる。記号 h はこの円柱面から削られる前の那岐山の頂上までの距離である。座標系 $O-XY$ の原点 O は鳥取県側の山裾に広がる平地と那岐山の斜面との交線上に取られ、 X 軸は水平方向で岡山県向きに取られ、 Y 軸は鉛直方向上向きに取られる。次に、点 (X_{01}, Y_{01}) での風速を Q_{01} とする。点 (X_{01}, Y_{01}) を通る流線上の任意点 (X, Y) での風速を Q とする。また、この流線上での最大風速を Q_M とし、その点の座標を (X_M, Y_M) とする。

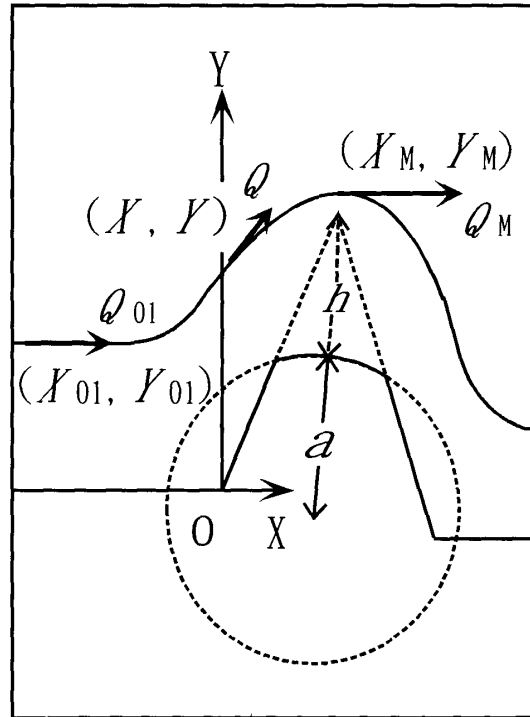


図1 使用した主な記号

流れは二次元的で渦なしとし、空気はこの場合縮まないものとする。角のまわりの流れに対応する複素速度ポテンシャルと円柱のまわりの流れに対応する複素速度ポテンシャルを用いて、それぞれの流速と流線が求められる。そして、これらは連結される。連結点は削られる前の山の二つの斜面の垂直二等分面上の二箇所と円柱面と山の二つの斜面の交線と円柱の中心線に垂直に交わる線上の二箇所の計四箇所である。

b) 数 値 解

計算の範囲は

$$\left\{ \begin{array}{l} X_{01} = -4.000 \times 10^3 \text{m}, \\ 4.000 \times 10 \text{m} \leq Y_{01} \leq 1.000 \times 10^3 \text{m}, \\ 5.000 \text{m/s} \leq Q_{01} \leq 4.000 \times 10 \text{m/s}, \\ 0 \text{m} \leq h \leq 4.000 \times 10 \text{m}, \\ 8.711 \times 10^2 \text{m} \leq a \leq 3.871 \times 10^3 \text{m} \end{array} \right.$$

と定められている。また、

$$\left\{ \begin{array}{l} L_T = 3.500 \times 10^3 \text{m}, \\ H_T = 8.000 \times 10^2 \text{m}, \\ L_F = 6.000 \times 10^3 \text{m}, \\ H_F = -1.700 \times 10^2 \text{m} \end{array} \right.$$

となっている。ここで、座標 (L_T, H_T) は削られる前の那岐山頂の XY 座標であり、座

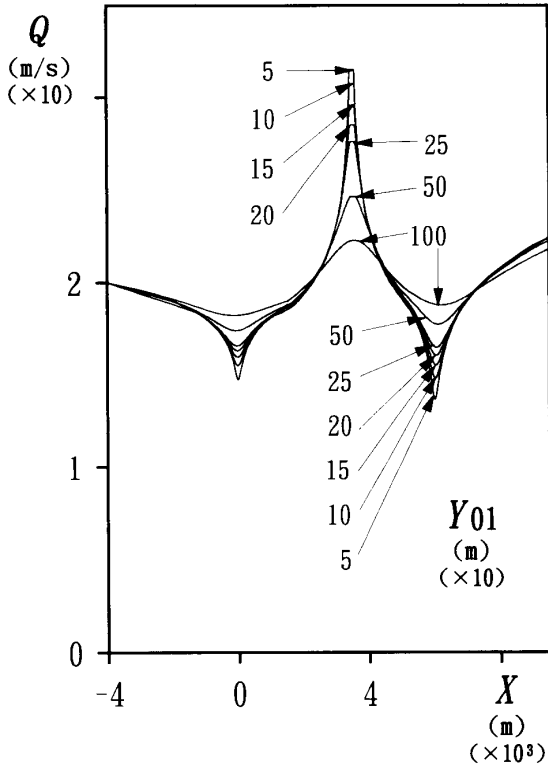


図2 風速 ($X_{01} = -4.000 \times 10^3 \text{m}$, $Q_{01} = 2.000 \times 10 \text{m/s}$, $h = 2.000 \times 10 \text{m}$, $a = 2.371 \times 10^3 \text{m}$)

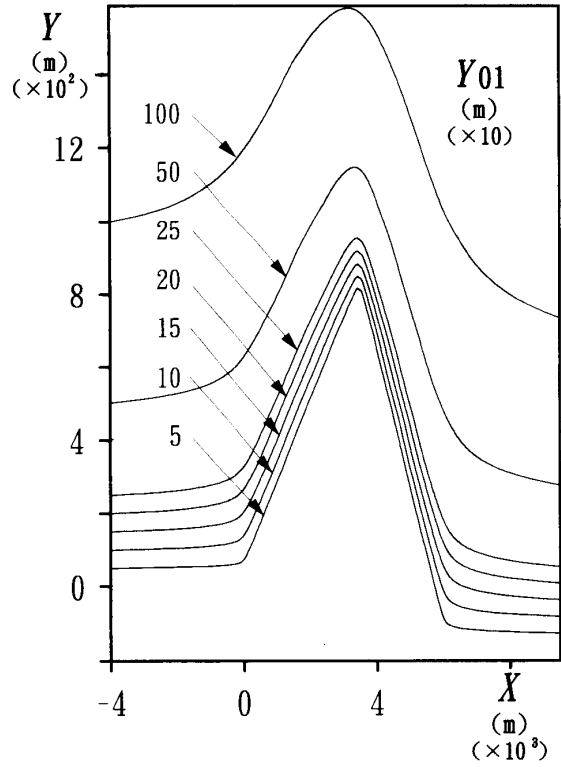


図3 流線 I ($X_{01} = -4.000 \times 10^3 \text{m}$, $Q_{01} = 2.000 \times 10 \text{m/s}$, $h = 2.000 \times 10 \text{m}$, $a = 2.371 \times 10^3 \text{m}$)

標 (L_F , H_F) は日本原と那岐山の斜面の交線上にある点の XY 座標である。

図2と図3は数値計算して得られた解である。

3. 考 察

a) 結果の妥当性と限界

ここでの結果は完全流体の運動を支配する三つの式則ちオイラーの運動方程式と連続の式と状態方程式のうち連続の式（流れの関数を使用）と状態方程式（密度一定を使用）を用いて得られたものであり、流れは縮まない流体の渦なし流れ（完全流体の流れ）である。従って、得られた結果は完全流体の運動を支配する基礎式の解である。なお、オイラーの運動方程式は気圧を求めるときにのみ使用される。そして、ここでのレイノルズ数は大きいから、完全流体の運動を支配する式を用いて得られたこの結果は後流と境界層の二つの渦領域を除いた広い範囲で成立する。また、山頂付近の境界層の厚さは山裾でのそれよりも薄くなっているから（図3）、得られた結果は山の頂点近くまで使用可能である。

b) 最大風速値と最大風速点

各流線上の最大風速値は山頂に近いほど大きくなっており（図4、図5）、その最大風速点は山頂上方に存在している（図6）。複素速度ポテンシャルの理論を用いて得られたここ

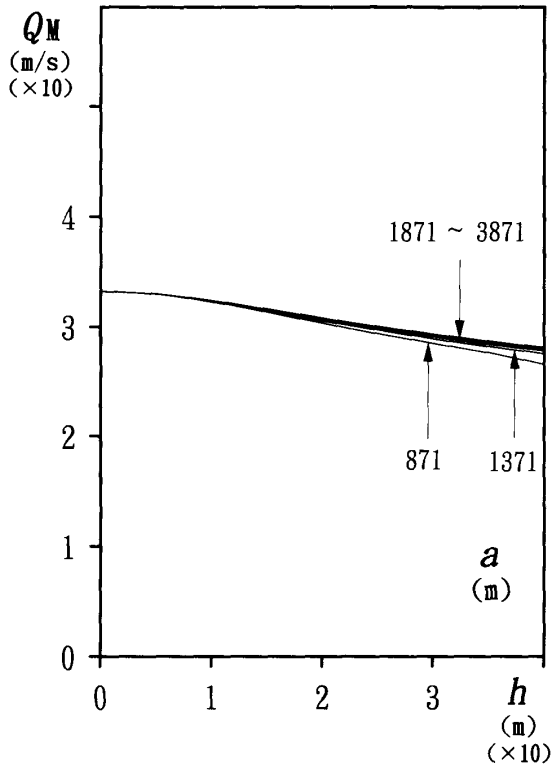


図4 最大風速 I ($X_{01} = -4.000 \times 10^3 \text{m}$, $Y_{01} = 1.000 \times 10^2 \text{m}$, $Q_{01} = 2.000 \times 10 \text{m/s}$)

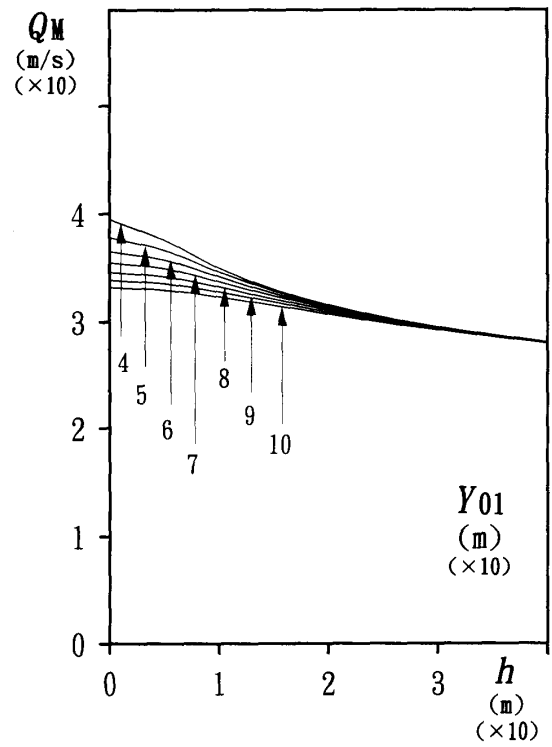


図5 最大風速 II ($X_{01} = -4.000 \times 10^3 \text{m}$, $Q_{01} = 2.000 \times 10 \text{m/s}$, $a = 2.371 \times 10^3 \text{m}$)

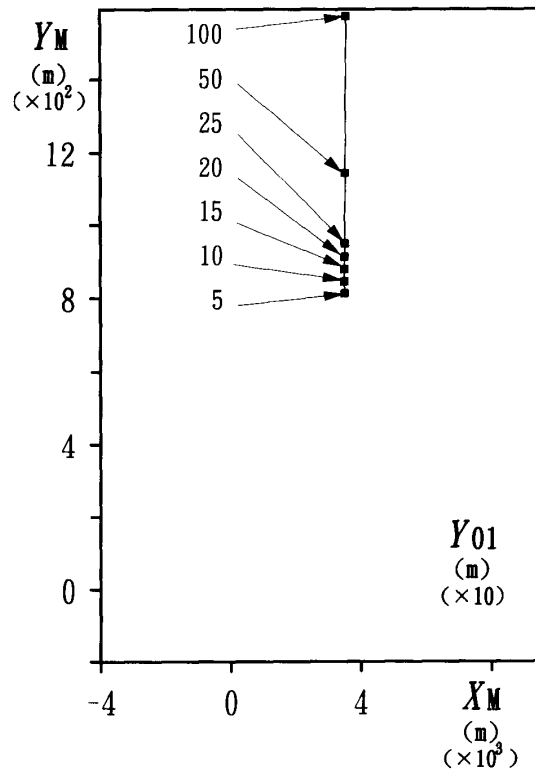


図6 最大風速点 ($X_{01} = -4.000 \times 10^3 \text{m}$, $Q_{01} = 2.000 \times 10 \text{m/s}$, $h = 2.000 \times 10 \text{m}$, $a = 2.371 \times 10^3 \text{m}$)

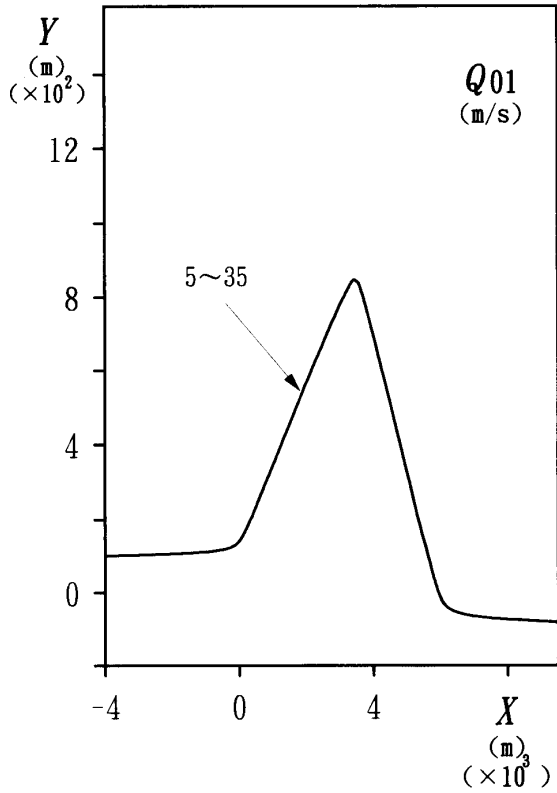


図7 流線 II ($X_{01} = -4.000 \times 10^3 \text{m}$, $Y_{01} = 1.000 \times 10^2 \text{m}$, $h = 2.000 \times 10 \text{m}$, $a = 2.371 \times 10^3 \text{m}$)

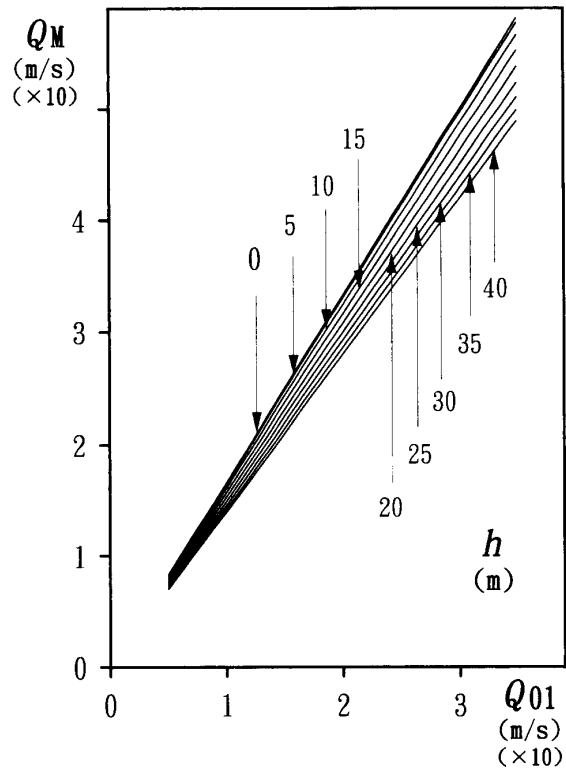


図8 最大風速 III ($X_{01} = -4.000 \times 10^3 \text{m}$, $Y_{01} = 1.000 \times 10^2 \text{m}$, $a = 2.371 \times 10^3 \text{m}$)

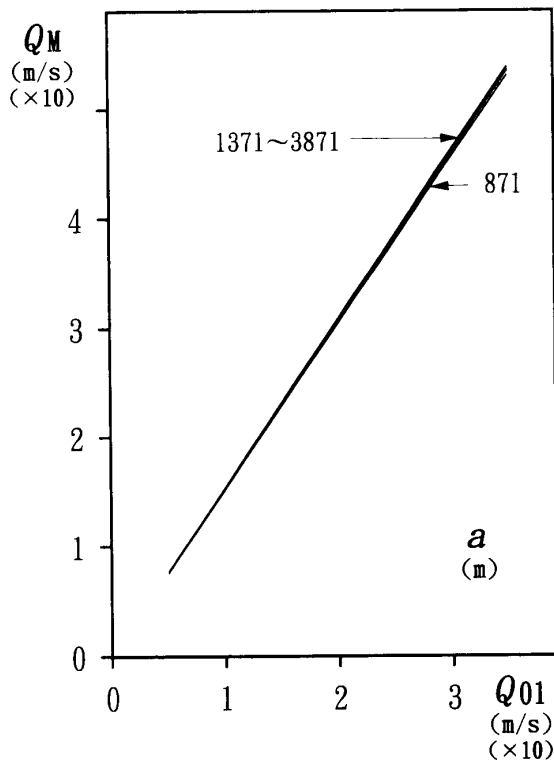


図9 最大風速 IV ($X_{01} = -4.000 \times 10^3 \text{m}$, $Y_{01} = 1.000 \times 10^2 \text{m}$, $h = 2.000 \times 10 \text{m}$)

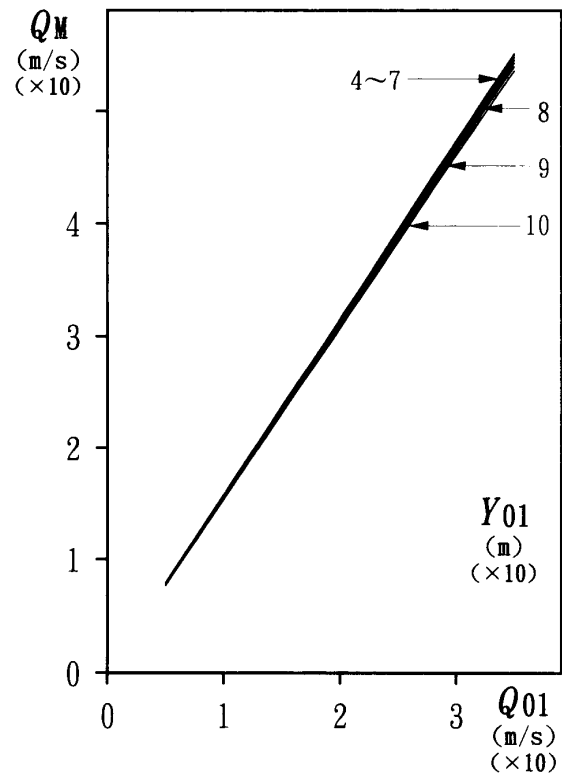


図10 最大風速 V ($X_{01} = -4.000 \times 10^3 \text{m}$, $h = 2.000 \times 10 \text{m}$, $a = 2.371 \times 10^3 \text{m}$)

での結果は境界層の中で成立しないから、境界層により近い流線上での最大風速値が予測される広戸風の最大風速値である。平地での境界層の厚さはほぼ100 mと言われている。そして、図4はこの場合 ($Y_{01}=1.000 \times 10^2 \text{m}$) のグラフである。削る量を表わす h が大きいほど最大風速値は小さくなっている。円柱の半径 a が871 m のとき、円柱面は山の両斜面に接している。そして、この状態に近いほど、最大風速値は小さくなっている。境界層の厚さを厚くすると、最大風速値は小さくなってゆく(図5)。高い樹木や高い塔などが鳥取県側にあるとよい。けれども、削る量が大きくなると、境界層の厚さによる影響は少ない。

c) 観測所

山裾に広がっている平地での風速 Q_{01} が変化しても、那岐山周辺の流れ場の様子を表わす流線の形は変わらない(図7)。また、山頂上方に現われる最大風速 Q_M は削る量を表わす h や円柱の半径 a や境界層の厚さに関係なく山裾の風速 Q_{10} に比例している(図8, 図9, 図10)。従って、広戸風の風速の観測所は鳥取県側の山裾に広がっている平地に設置すればよい。

4. むすび

次に、山の斜面の傾きが最大風速の値に及ぼす影響について、調査したい。

参考文献

- 1) 大亀 衛・森脇三幸：岡山理科大学紀要，第30号，A，pp.75—82，1994.
- 2) 今井 功：流体力学（KK 裳華房，東京，1984）12版，p.120.
- 3) 大亀 衛・北川 勉：第16回風力エネルギー利用シンポジウム，pp.95—98，1994.

The Wind above the Top of Mt. Nagi (A Measure against Hiroto Wind)

Tomomi OHNO and Mamoru OHKAME*

Master Course of Applied Physics,

Graduate School of Science,

Okayama University of Science

* *Department of Applied Physics,*

Faculty of Science,

Okayama University of Science

Ridai-cho 1-1, Okayama 700, Japan

(Received October 7, 1996)

First, the mountain range which includes Mt. Nagi is transformed into a mathematical figure. Next, the top is erased into the figure having a columnar surface. Then the velocity of the wind around the erased mountain is numerically analyzed using the complex velocity potential theory. As the result, we find out that the maximum velocity above the erased top becomes gentler than that of the original top. Another effect of weakening the maximum velocity is caused by the boundary layer at the foot of the mountain on the windward side. When we erase much of the top, the thickness of the layer becomes ineffective. We find out that the maximum velocity of the wind above the top of Mt. Nagi increases in proportion to the wind velocity at the foot of the mountain on the windward side. Therefore the velocity at the top is estimated by measuring the wind velocity there.