

屋根付野球場内の風速分布に関する風洞実験

Wind Tunnel Test on Velocity Distribution in Baseball Field Half-Enclosed with Roof

村上 周三*・上原 清**・田中 俊彦*

Shuzo MURAKAMI・Kiyoshi UEHARA and Toshihiko TANAKA

1. 目 的

野球場の観客席部分全体に屋根が付けられた場合の球場内部空間の風速を、新たに開発された S.P.P. 型熱線風速計¹⁾を用いて風向成分別に測定する。同様の方法で測定した屋根のない通常の野球場内部の風速分布と比較し、屋根を設置することの球場内の風環境に与える影響を検討する。

2. 実験概要

2.1 風洞と境界層

実験に使用した風洞は境界層型であり、測定部は、縦 1.2 m、横 1.8 m、長さ 9.8 m である。近似的に $U \propto Z^{1/4}$ で表される風速分布を用いる。これは都市風をシミュレートしたものである。風洞基準風速 U_0 は 6 m/s とする。^{注1)} 風洞床上 80 cm の位置にて測定。

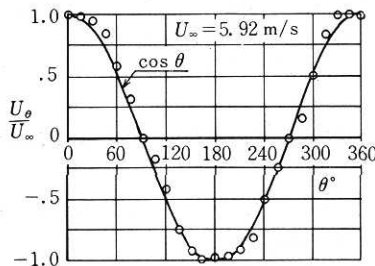


図1 S.P.P. 型熱線風速計の指向性

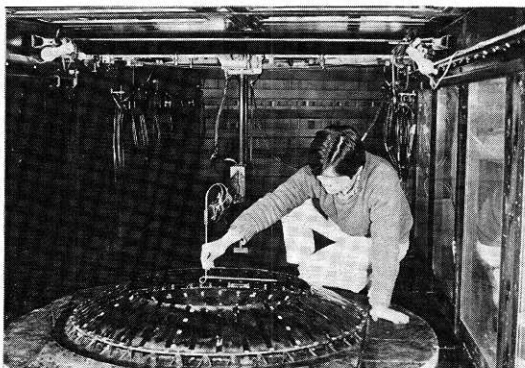


写真1 模型の設置状況

2.2 風速計

S.P.P. 型熱線風速計を使用し風向成分ごとの測定を行う。S.P.P. 型熱線風速計は 2 本の白金線を平行に張った熱線エレメントに特殊なシールドを取り付けたプローブであり、正逆方向の風速が測定できるようにしたものである。S.P.P. の指向性は図 1 に示すとおりであり、プローブを適当な向きに取り付けければ成分ごとの風速測定ができる。同風速計の詳細については文献 1) を参照されたい。

2.3 模型

縮尺 1/200 の模型を使用した。模型の屋根には風速測定用の直径 1 cm の穴を設け、測定中以外のものはテープでふさいで実験を行った。模型の設置状況を写真 1 に、屋根付球場の概要を図 2 に示す。

2.4 実験風向

野球場建設予定地における夏季の卓越風向である南風とする。ただし、実験にあたっては簡単のためホームベースとセンターを結ぶ線を風洞主流に平行となるよう真南から東へ約 9° ずらして模型を設置した。本報ではこの風向を S と呼ぶ。図 2 からわかるように内野席は風上側、外野席は風下側となる。

2.5 測定点

実験は観客席およびグラウンド上 2 m の面内における水平風速分布の測定と鉛直断面内の分布測定の二つに分けて行う。観客席およびグラウンド上 2 m の風速測定点を図 3 (1) に示す。測定点は野球場の中心より同心円上に

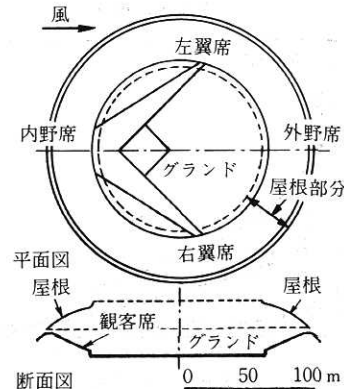
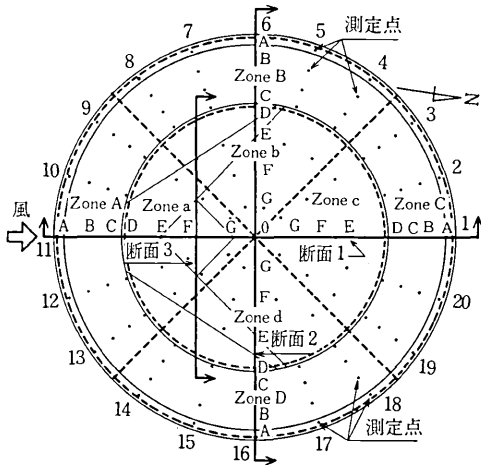


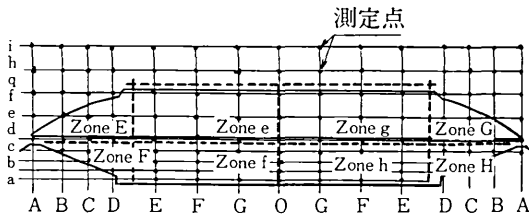
図2 屋根付野球場の概要

* 東京大学生産技術研究所 第5部

** 環境庁国立公害研究所・技術部 (元東京大学生産技術研究所 第5部)



(1) 観客席およびグラウンド上2mにおける測定点



(2) 断面1および2における測定点

図3 測定点

グラウンド上に41点, 観客席上に80点設けた. 鉛直断面の分布は図3(1)に示す断面1(球場中心を通り主流と平行な断面), 断面2(球場中心を通り主流に直角な断面), 断面3(主流に直角でかつ1~3塁を通る断面)の3断面について測定しているが, 本報では断面2,3の結果は割愛している. 詳細については文献(2)を参照されたい. 断面1,2における測定点を図3(2)に示す. 観客席およびグラウンド上2mの面内では図3(1)に示すように平面をA~D(観客席)およびa~d(グラウンド)の八つのゾーン, 断面1では図3(2)に示すようにE~H(観客席)およびe~h(グラウンド)の八つのゾーンに分けそれぞれのゾーンにおける風速の平均値を比較する.

3. 実験結果

3.1 屋根がない野球場内の風速分布

実験結果を図4~5および8に示す. 図4は主流に平行な水平成分 u と直角の水平成分 v の合成風速 $\sqrt{u_0^2+v_0^2}/U_\infty$ のベクトル表示である. 図5は断面1における u と鉛直成分 w の合成ベクトル, 図8は水平成分 u, v の合成値の分布を等風速線で表したものである. 図4および8より, 屋根がない場合の風速は内野側および外野側の観客席外周の通路で最も高く, 無次元値で0.5~0.6を示す. また, 観客席およびグラウンドの風上側半分の風速は

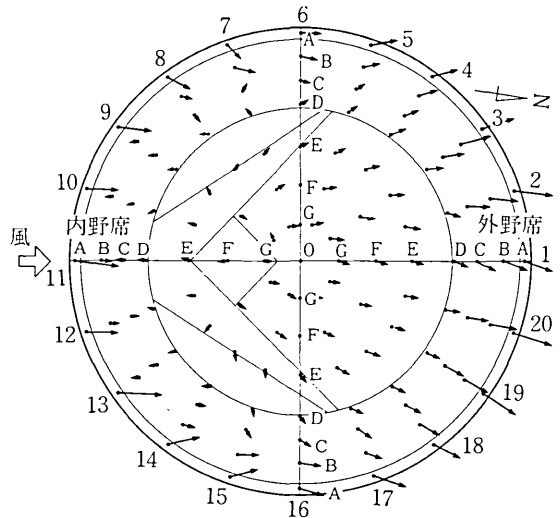


図4 観客席およびグラウンド上2mの風速($\sqrt{u_0^2+v_0^2}/U_\infty$)の分布(屋根なし)

$\sqrt{u_0^2+v_0^2}/U_\infty=1$ の長さを → とする. $U_\infty=6\text{ m/s}$

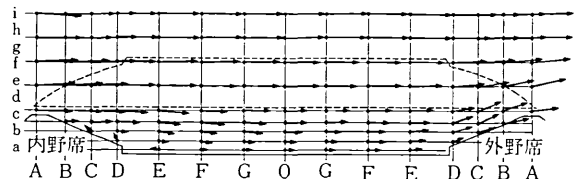


図5 断面1における風速($\sqrt{u_0^2+w_0^2}/U_\infty$)の分布(屋根なし)

$\sqrt{u_0^2+w_0^2}/U_\infty=1$ の長さを → とする.

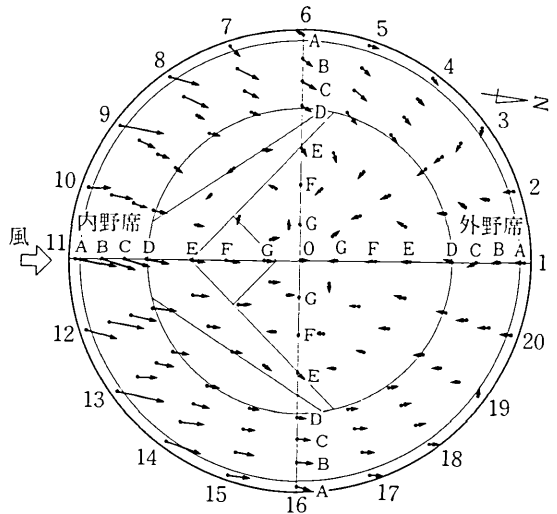


図6 観客席およびグラウンド上2mの風速($\sqrt{u_r^2+v_r^2}/U_\infty$)の分布(屋根あり)

$\sqrt{u_r^2+v_r^2}/U_\infty=1$ の長さを → とする. $U_\infty=6\text{ m/s}$

研究速報



図7 断面1における風速 $(\sqrt{u_r^2 + w_r^2}/U_\infty)$ の分布 (屋根あり)
 $\sqrt{u_r^2 + w_r^2}/U_\infty = 1$ の長さを \rightarrow とする。
 $U_\infty = 6 \text{ m/s}$

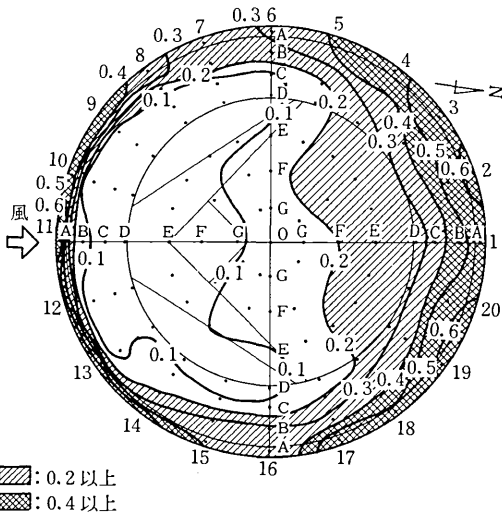


図8 観客席およびグラウンド上2mの風速 $(\sqrt{u_0^2 + v_0^2}/U_\infty)$ の分布 (屋根なし)

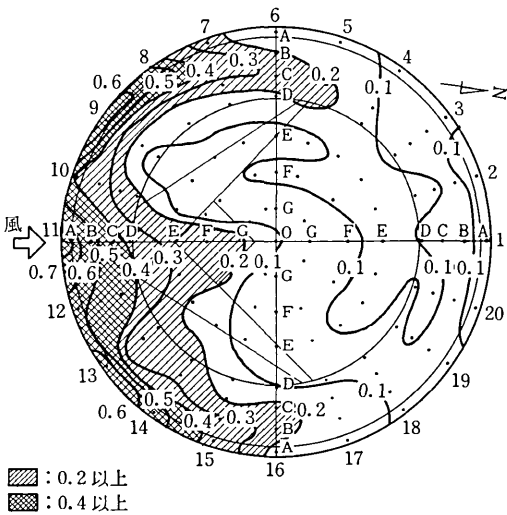


図9 観客席およびグラウンド上2mの風速 $(\sqrt{u_r^2 + v_r^2}/U_\infty)$ の分布 (屋根あり)

0.1~0.2と低く、風向を示す矢印の向きからもわかるように複雑な流れを生じている。球場の風下側半分の風速は風下ほど高くなる傾向を示し、外野側観客席の風速はグラウンド内のそれよりも高く、無次元値で0.3~0.5を示す。

図5断面1内の風速分布より、球場に当たる風によってネット裏観客席付近に小さな回転流を生じ、逆流していることがわかる。ネット裏観客席を乗り越えた流れはグラウンド上ではやや下降ぎみに流れ、外野側の観客席に達すると上昇成分が多くなり、球場外へ流れ出る。当然のことではあるが風速は上空へ行くと急激に高くなる。

3.2 屋根がある野球場内の風速分布

実験結果を図6~7および9に示す。図の内容は屋根がない場合の結果、図4~5および8とそれぞれ対応するものである。観客席外周の通路は屋根が有る場合にも、高さ3mの開口として残されるが、図6および9より、風上側開口部の風速が最も高く、無次元値で0.6~0.7を示す。ネット裏観客席の風速は外野側観客席のそれよりも高く、外野側の0.1~0.2に対して0.3~0.5を示す。矢印の向きからもわかるように球場内風下側のかかなりの範囲で逆流を生じており、屋根がない場合とは全く異なる流れが生じている。この様子は図7、断面1の風速分布にも明らかである。図より球場内の風上側と風下側に二つの大きな回転流を生じており、風上側の回転流はネット裏観客席上部からグラウンドに向かって吹きおろす向きに流れ、グラウンドに達した後、上昇成分を増しながら一部は逆流してネット裏観客席上部にもどり、残りは球場の中央より少し風下のグラウンド上で風下側の回転流と合流する。風下側の回転流は外野観客席からグラウンドに向かって、主流とは逆方向に吹きおろす向きに生じ、グラウンドに流れ込んだ後、球場の中央より少し風下の地上で風上側の回転流とぶつかり、上昇する。

3.3 屋根の存在による風速分布の変化

(1) 観客席およびグラウンド上2mの風速の水平成分について (図8と9の比較)

球場内の全般的な風速は、当然のことながら屋根の存在によって大幅に減少するが、観客席およびグラウンドの地上付近の風速はかならずしも減少せず、内野側観客席の風速は屋根がない場合よりも増加し、逆に外野側観客席の風速は減少する。図3(1)で示したように観客席およびグラウンドを八つのゾーンに分けて、ゾーンごとの地上付近の風速の水平成分の平均値を屋根の有り無しで比較すると表1のようになる。表よりネット裏観客席(ゾーンA)では屋根がない場合の約4倍、内野側グラウンド(ゾーンa)では約2倍に風速が増加し、右翼および左翼側観客席の風速変化は小さい。また、その他の部分では

表1 観客席およびグラウンド上2mにおけるゾーン別風速平均値

		屋根なし	屋根あり	風速比
観 客 席	ゾーンA(ネット裏)	0.07	0.31	4.4
	ゾーンB(左翼側)	0.17	0.20	1.2
	ゾーンC(外野側)	0.38	0.08	0.21
	ゾーンD(右翼側)	0.20	0.17	0.85
	平均	0.21	0.19	0.90
グ ラ ウ ン ド	ゾーンa(内野)	0.07	0.15	2.1
	ゾーンb(左翼)	0.14	0.07	0.50
	ゾーンc(センター)	0.20	0.09	0.45
	ゾーンd(右翼)	0.14	0.07	0.50
	平均	0.14	0.10	0.71
全体の平均		0.18	0.15	0.83

表2 断面1におけるゾーン別風速平均値

		屋根なし	屋根あり	風速比
観 客 席	ゾーンE(ネット裏観客席上部)	0.61	0.19	0.31
	ゾーンF(ネット裏観客席付近)	0.19	0.29	1.5
	ゾーンG(バックスクリーン観客席上部)	0.51	0.11	0.22
	ゾーンH(バックスクリーン観客席付近)	0.36	0.11	0.31
	平均	0.42	0.17	0.40
グ ラ ウ ン ド	ゾーンe(内野上部)	0.59	0.10	0.17
	ゾーンf(内野地上付近)	0.21	0.22	1.1
	ゾーンg(外野上部)	0.55	0.17	0.31
	ゾーンh(外野地上付近)	0.28	0.06	0.21
	平均	0.39	0.14	0.36
全体の平均		0.41	0.16	0.39

屋根がない場合の0.5倍以下、特に外野側観客席(ゾーンC)では0.2倍に風速が減少する。

(2) 断面2(主流に平行な断面)内の風速について、(図5と7の比較)

観客席およびグラウンド上2mの面と同じように断面1を図3(2)に示すような八つのゾーンに分割して各ゾーン内の風速平均値を屋根の有り無しで比較すると表2のようになる。表より、屋根がある場合の風速はほとんどのゾーンにおいて屋根がない場合の0.2~0.4倍に減少している。特にグラウンド内ではゾーンfを除けば屋根がない場合の0.2~0.3倍に減少し、バラツキも少ない

め、強風時の飛球に対する外乱の影響は小さいと予想される。

結 論

1. 風上側のネット裏観客席の風速は屋根の存在により約4倍に増加し、風下側の外野席では逆に1/2に減少する。右翼および左翼側観客席の風速変化は小さい。

2. グラウンド内(ゾーンe, g, h)の風速は屋根の存在により0.2~0.3倍に減少し、バラツキも小さいので強風時の飛球に対する外乱の影響は小さいことが予想される。

3. 屋根の存在によって球場内に二つの大きな回転流を生じる。ただし、その風速は小さい。

おわりに

本実験を行うに当たり、早稲田大学井上研究室各位、池原研究室各位、ならびに西武建設各位より種々協力頂いた。ここに記して感謝の意を表します。

(1978年5月12日受理)

記 号

U_{∞} : 風洞基準風速, 本実験では常に6.0 m/sとする

u : 風洞主流に平行な水平成分, m/s

v : 風洞主流に直角な水平成分, m/s

w : 鉛直成分, m/s

添字 r : 屋根がある場合,

0: 屋根が無い場合

注1) U_{∞} の測定高さは実物に換算して $Z=160$ mに相当する。風速分布が $U \propto Z^{1/4}$ に従うと仮定すれば U_{∞} に対する気象庁風速($Z=52.3$ m)の比は0.76となる。従って実験結果を気象庁基準の値に換算するためには0.76で割ればよい。

文献1) 小峯, 村上: "Shielded Parallel-array Probeを用いた建物周辺の三次元的風速・風向分布に関する風洞実験" 日本建築学会大会学術講演梗概集 昭和52年10月(中国)

2) 上原, 村上, 田中: "屋根付野球場内部の風速分布に関する風洞実験" 日本建築学会関東支部研究報告集(Vol.49) 昭和53年度