

4th Asian Joint Workshop on Thermophysics and Fluid Science2012 に参加して

(低速プロペラファンの後流渦音に関する実験的および数値的研究)

工学研究科 システム科学部門 助教・佐々木 壮一

(派遣期間：平成24年10月13日～平成24年10月17日)

熱流体科学アジア合同ワークショップ（以下、AJWTF）は、熱力学、流体力学、熱物性移動現象および燃焼の問題に焦点を当てた国際ワークショップである。第4回目のワークショップが韓国の釜山で10月13日から3日間にわたり開催された。このワークショップはアジアでの研究活動や前述の領域に関する技術開発の促進を目的としたものである。

1. 国際会議の概要

中国、韓国、日本の三か国における科学技術の奨励と共同研究を目的として、第1回目のAJWTFが2006年に中国の曲阜で開催された。このワークショップは、単に科学技術の交流の場だけでなく、アジア各地の研究者同士のよい交流の場を提供するために、二年毎にアジア各地の組織委員会によって開催される。第2回目のワークショップは2008年に中国の洛陽で、第3回目は2010年に日本の松江でそれぞれ開催された。第4回目のAJWTFの開催地は美しい海岸線を有する韓国の釜山であった。ワークショップの会場は過去にAPEC首脳会議が開催された場所の近くであり（図1参照）、現在は高層マンションがいくつも建設されていた（図2参照）。このワークショップには160名の研究者が参加し、155件の論文が発表された。会議では9つの議題が4つの部屋で議論され、2つの基調講演があった。また、最終日には世界有数の規模を誇るDSME (DAEWOO SHIPBUILDING & MARINE ENGINEERING) 見学会などが実施された。尖閣諸島問題、竹島問題など、隣国との政治的な問題には解決の糸口が見えないが、釜山での三国間の研究交流ではそれらの問題を全く意識させられることがなく、現地スタッフの丁寧なもてなしを受けたことが印象的であった。



図1 会場の Hanwha Resorts



図2 釜山の高層マンション

2. 発表内容と成果

本研究は、最高効率点および非設計点で運転されるプロペラファンの後流渦音に焦点を当て、その広帯域騒音と動翼周りの流れとの関係の解明を目的としたものである。弦節比の異なる三種類のプロペラファンの特性を実験的に評価し、主に、それぞれの作動点におけるファンの広帯域騒音に及ぼす後流の影響について議論した。

供試羽根車の設計寸法は羽根枚数 B を除いて同じである。このため、羽根枚数が多いほど、羽根車の弦節比は大きくなる。以下の説明では、羽根枚数 7 枚、14 枚および 21 枚の羽根車を、それぞれ P7, P14 および P21 と呼ぶことにする。図 3 はファン性能の試験装置の概略図を示したものである。測定胴の断面は建設機械の筐体を模擬して $1\text{m} \times 1\text{m}$ の正方形に設計されている。ファン騒音は羽根車の回転軸上 1.0m 上流側の点で、精密騒音計に取り付けられた 1/2 インチマイクロホンによって測定されている。精密騒音計からの出力信号は FFT アナライザへ入力され、周波数分析された騒音スペクトルが得られる。図 4 は流れの数値シミュレーションに用いられた計算モデルの全体図である。プロペラファンの下流に設置されるモーター、軸受けなどの機構はモデルから省略されている。一つの流れを解くための格子の要素数は約 400 万であり、その翼表面の最小格子幅は $y^+ = 50$ 程度である。弦節比の大きな羽根車のプロペラファン（以下、P21）は、最高効率点においてその空力騒音が最も小さくなった。一方、ファンの作動点が最高効率点から非設計点に変化すると、P21 のファン騒音は最大になった。P21 の非設計点における後流にはカルマン渦が放出され、これがファン騒音を増加させる原因となった。P21 の相対速度はその弦節比に応じて高速になり、その羽根枚数の増加に応じて空力音源が増えるために、P21 の広帯域騒音が P7 よりも大きくなる（図 5 参照）。弦節比の小さな羽根車のプロペラファン（以下、P7）の場合、翼周りの流れがはく離しやすいため、最高効率点と低流量側の非設計点において後流渦放出に伴う広帯域騒音を発生する（図 6 参照）。P7 からは後流渦音がいずれの作動点でも発生するが、後流渦のポテンシャルの発達は二つの作動点で保存される。これらの結果、非設計点と最高効率点における P7 のファン騒音には、大きな変化が生じなかった。

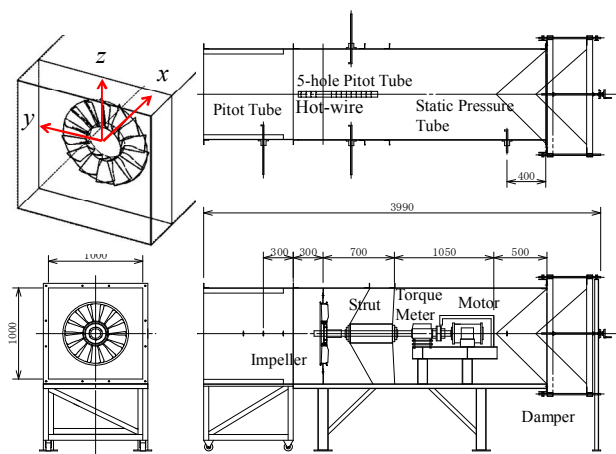


Fig. 3 Experimental apparatus

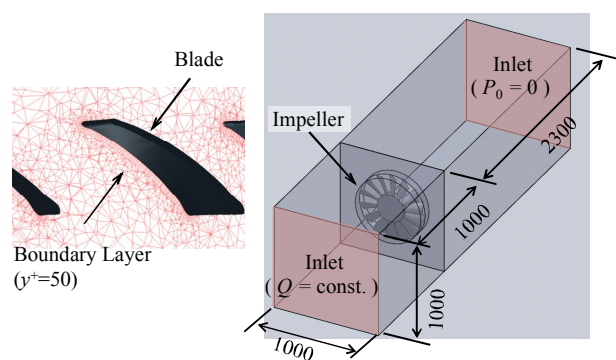


Fig. 4 The fan model for the numerical simulation

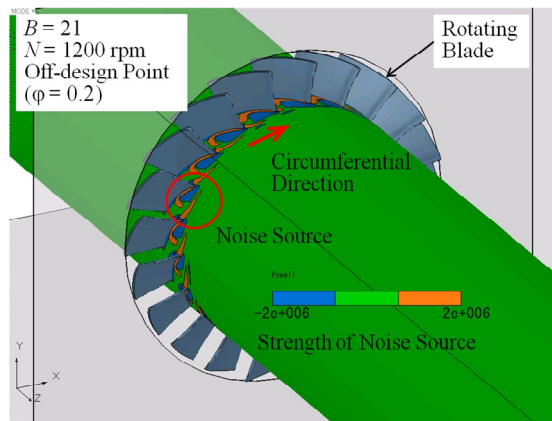


Fig. 5 Aerodynamic noise source of P21

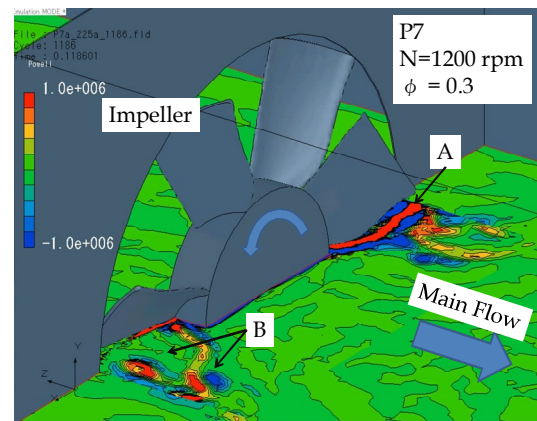


Fig. 6 Aerodynamic noise sources of P7

In this study, we focused on the wake vortex noise of the propeller fan driving at the maximum efficiency point and the off-design point; in order to clarify the relation between the flow regime around the rotating blade and the broadband noise, the characteristics of the fan with the different solidity impeller were analyzed experimentally and numerically. The characteristics of the propeller fans having different solidity impeller are estimated, mainly, we discuss the influence of the wake on the broadband noise of the fan. The aerodynamic noise of the fan with the high-solidity impeller P21 became the smallest among the three fans at the maximum efficiency point, whereas the fan noise of P21 became the largest when the operation point changed to the off-design point. The Karman vortex was shed to the wake at the off-design point of P21; the vortices became one of the major factors for the increase of the fan noise. The broadband noise of P21 was much larger than that of P7 because not only the relative velocity became fast according to the solidity but also the noise sources increased due to the number of blades (see Fig. 5). In the case of the fan having the low solidity impeller P7, the broadband noise due to the wake vortex shedding was generated at the maximum efficiency point and the off-design point in the low flow rate domain since the relative flow around the blade was easy to separate (see Fig.6). The wake vortex noise is generated from P7 in the both operation points; however, the development of the potential of the wake vortex is conserved in each operation point. From these results, it is considered that the fan noise of P7 in the off-design point and maximum efficiency point had little difference.

3. 今後の展望と感想

第5回のAJWTFが2014年に長崎で開催されることが今回のワークショップで正式に決定された。長崎には、造船やタービンの業界で世界的にも有名な三菱重工の技術力だけでなく、和華蘭の融合文化、国際平和に関する多くの観光資源など、アジアの中でも独自の光を放つ特徴がある。このワークショップで中国を取り仕切るS. Yu教授は長崎の夜景に強い関心を持っていた。熱流体科学に関する研究交流だけでなく、韓国で受けたような心からのもてなしを隣国の研究者に感じてもらえるよう、今から徐々に準備を始めたい。