

海上を浮遊するコンテナの風による漂流挙動に関する一考察

名古屋大学高等研究院 正会員 ○ 中村 友昭
 名古屋大学大学院工学研究科 正会員 水谷 法美

1. 緒言：2011 年東北地方太平洋沖地震津波により仙台港から海上へ流出した約 2,000 個のコンテナのうち、約 340 個は仙台港内に沈没し、約 200 個は石巻市から岩沼市にかけて打ち上げられたことが確認されている（朝日新聞, 2011）. このように沈没したり打ち上げられたりしたコンテナは、津波の余波により漂流した後、風とそれに伴う風波により運ばれたと推測される. これまでに、風によるコンテナの漂流を取り扱った研究として、Daniel ら（2002）の現地データによる検討と、熊谷・鈴木（2010）と熊谷・根木（2011）の水理実験による検討が行われているが、風によるコンテナの漂流挙動の解明とそれに基づく予測手法の確立には到っていない. 本研究では、気相・液相・構造物の相互作用が解析できる 3 次元流体・構造・地形変化連成数値計算モデル（中村ら, 2011a）を用いて、水谷ら（2011）の水理実験を対象に風による風波の再現計算を行うとともに、風によるコンテナの漂流特性を検討する.

2. 風による風波の発達：図-1 に水谷ら（2011）を参考に設定した計算領域を示す. 同図に示すように、回流を分離するための隔壁床を設け、その上部の静水深を 0.45 m、さらにその上部の通風部の高さを 0.25 m とした. また、長さは計算負荷の軽減のために水谷ら（2011）よりも短い 3.2 m とし、その両側には 1.0 m の減衰領域を、さらにその風上側には 1.0 m の助走区間を設けた. そして、計算開始とともに風上側境界から与える風速を徐々に大きくし、計算開始 10 秒後には高さ 0.25 m の通風部での断面平均風速が 2.0 m/s および 3.0 m/s となるように u_{air}^in を設定した.

水面変動が安定した計算開始 30 秒後から 170 秒間の水位変動より求めた有義波高 $H_{1/3}$ の空間分布を図-2 に示す. ここで、図-1 に示したように風上側に 1.0 m の減衰領域を設けたことから、ここでは $x = -1.0$ m からの距離を吹送距離として図示した. また、図-2 には水谷ら（2011）による水理実験結果も同時に示した. 図-2 より、吹送距離の取り扱いが水理実験と対応していないことから直接の比較は困難であるものの、吹送距離の増加とともに $H_{1/3}$ も増加している点で水理実験結果との相関が認められる. ただし、吹送距離が小さいときには $H_{1/3}$ の増加量を過大評価し、逆に吹送距離が大きいときには $H_{1/3}$ の増加量を過小評価する傾向が確認できる. これは、計算負荷を考慮して粗い格子を用いたことから、気液界面近傍を高解像度に解析できなかったためと考えられる. 以上のように、本数値計算モデルを用いた風による風波の発達の再現には課題が残されていることから、本論では風波の発達が小さい風作用初期を対象に、風を主要因としたコンテナの漂流挙動を検討する.

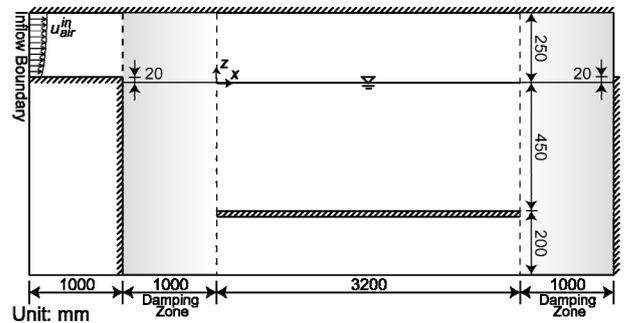


図-1 計算領域（風による風波の発達）

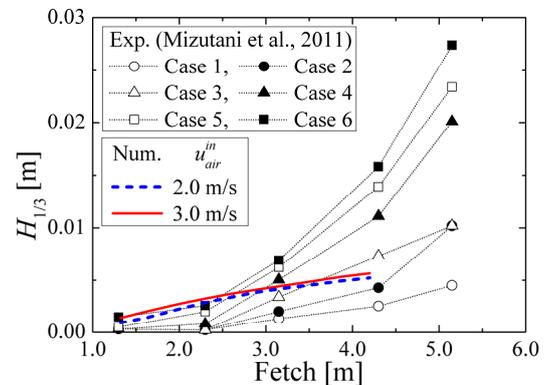


図-2 有義波高 $H_{1/3}$ の比較

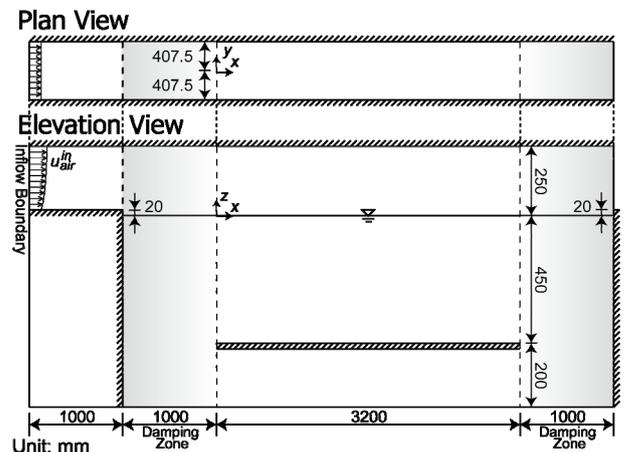


図-3 計算領域（風によるコンテナの漂流）

3. 風によるコンテナの

漂流：コンテナとして、

中村ら (2011b) に倣って、40 ft コンテナを 1/75 でモデル化した模型 (163 × 35 × 32 mm；貨物半載時：37.8 g，貨物満載時：77.6 g) を用いた。ただし、熊谷・鈴木 (2010) を参考に、コンテナの長軸を風向と直交方向に設置した場合のみを対象とした。それに併せて、前章で用いた計算領域の奥行きを、図-3 に示すようにコンテナの長軸方向の 5 倍とし、計算領域の前後の境界条件として周期境界条件を課した。そして、コンテナの重心が減衰領域と助走区間を除く

計算領域の上流端の近くの $x=0.1$ m, $y=0.0$ m となるように設定し、前章と同様の 2 パターンの風を作用させた。

図-4 に貨物半載時のコンテナの漂流挙動を例示する。図-4 より、時間の経過とともにコンテナが風下へ漂流する様子が確認できる。また、図-4(a) に示す $u_{air}^{in} = 2.0$ m/s よりも同図(b) に示す $u_{air}^{in} = 3.0$ m/s の方が同じ貨物半載時でも漂流する距離が長いことが分かる。さらに、コンテナの風下側に回り込んだ風によってコンテナの風下側の水面に乱れが生じており、コンテナの漂流とともにその乱れも風下側へ移動する様子が確認できる。図-5 にコンテナの x 軸方向の重心位置 x_x^c と速度 v_x^c を示す。同図より、計算開始とともに v_x^c が増加し始め、 u_{air}^{in} が一定になる計算開始 10 秒後以降にはほぼ一定値となっていることが確認できる。また、コンテナの質量が等しいとき、 $u_{air}^{in} = 2.0$ m/s よりも $u_{air}^{in} = 3.0$ m/s の方が v_x^c が大きいことから x_x^c も大きく、そのために図-4 に示したように $u_{air}^{in} = 3.0$ m/s の方がコンテナに大きな漂流が生じたことが分かる。一方、 u_{air}^{in} が等しいときは、満載時よりも半載時の方が v_x^c が大きいことから、 x_x^c も大きくなっていることが確認できる。

以上より、本モデルを用いることで風によるコンテナの漂流現象を解析できることが確認できた。今後は、風によるコンテナの漂流特性の解明に向け、さらなる検討を行っていく所存である。本研究は、公益財団法人日本科学協会笹川科学研究助成による補助を受けたことを付記し、謝意を表す。

参考文献： [1] 朝日新聞社 (2011), 「海水浴場のコンテナ、撤去始まる 津波で仙台港から流出」, 参照 2011-08-28. [2] 熊谷・鈴木 (2010), 海洋開発論文集, 26, 951-956. [3] 熊谷・根木 (2011), 土論 B3 (海洋開発), 67, 2, I_154-I_159. [4] 中村ら (2011a), 土論 B2 (海岸工学), 67, 2, I_276-I_280. [5] 中村ら (2011b), 数値流体シンポジウム, E11-5, 10 p. [6] 水谷ら (2011), 土論 B2 (海岸工学), 67, 2, I_056-I_060. [7] Daniel et al. (2002), *Spill Science & Technology Bulletin*, 7, 5-6, 279-288.

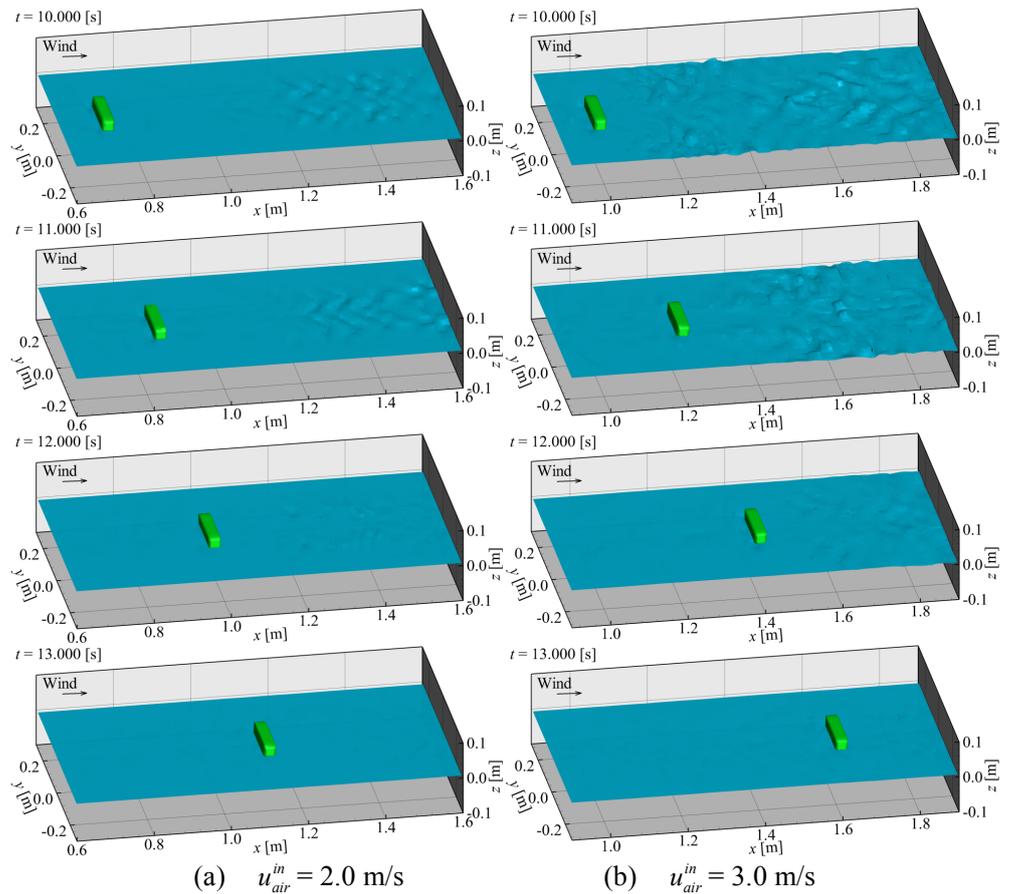


図-4 風によるコンテナの漂流の様子 (貨物半載時)

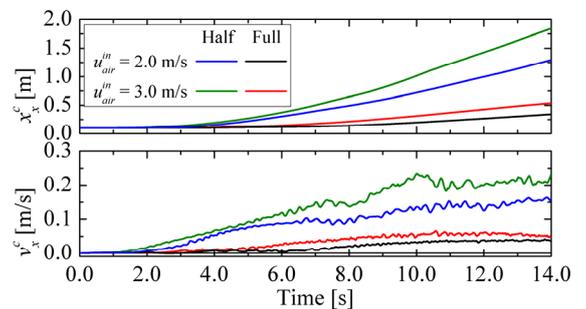


図-5 コンテナの重心位置 x_x^c と速度 v_x^c