

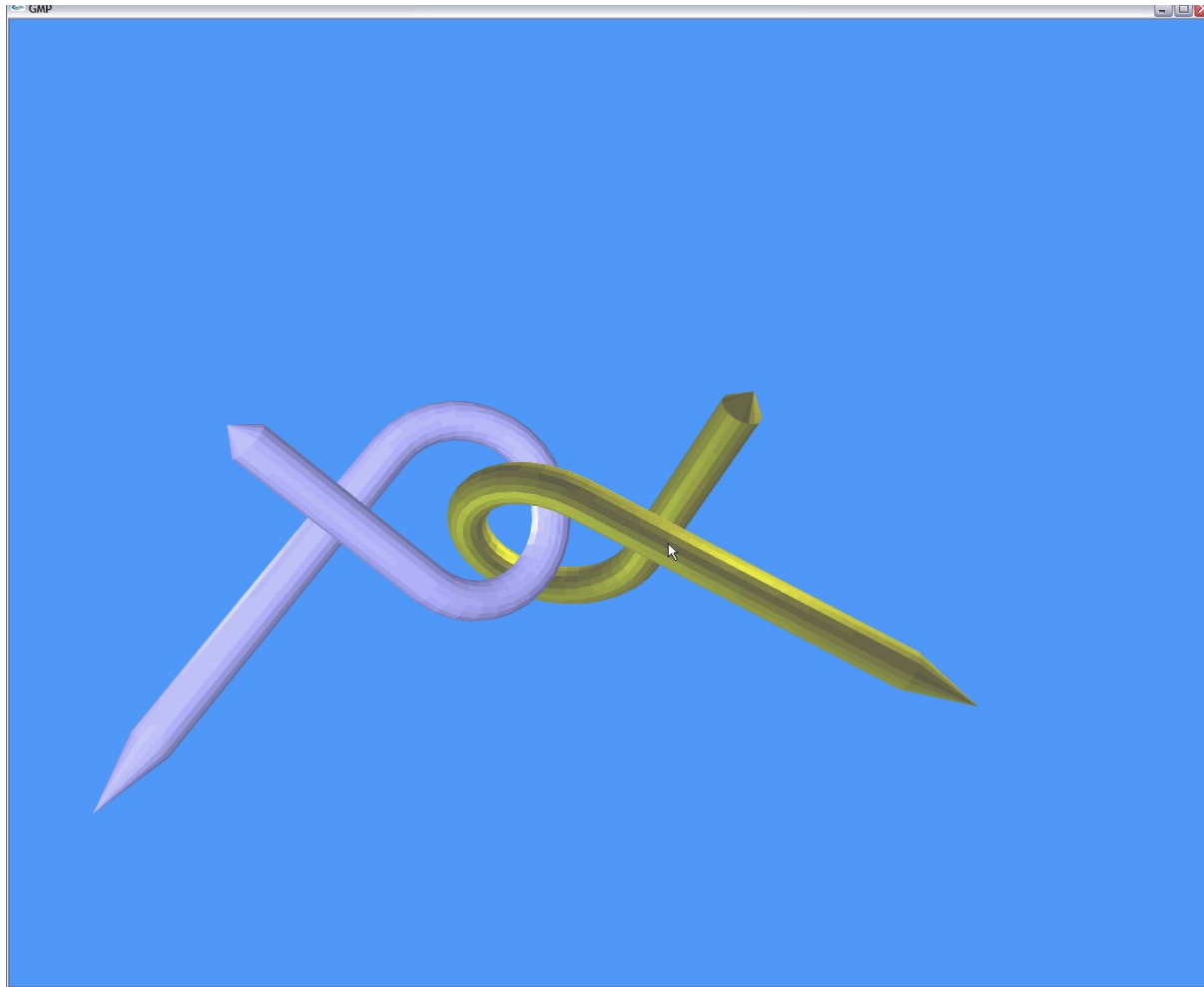
Planowanie ruchu brył i robotów

Przemysław Dobrowolski

Wydział Matematyki i Nauk Informatycznych
Politechnika Warszawska

27-29 maja 2011
Będlewo



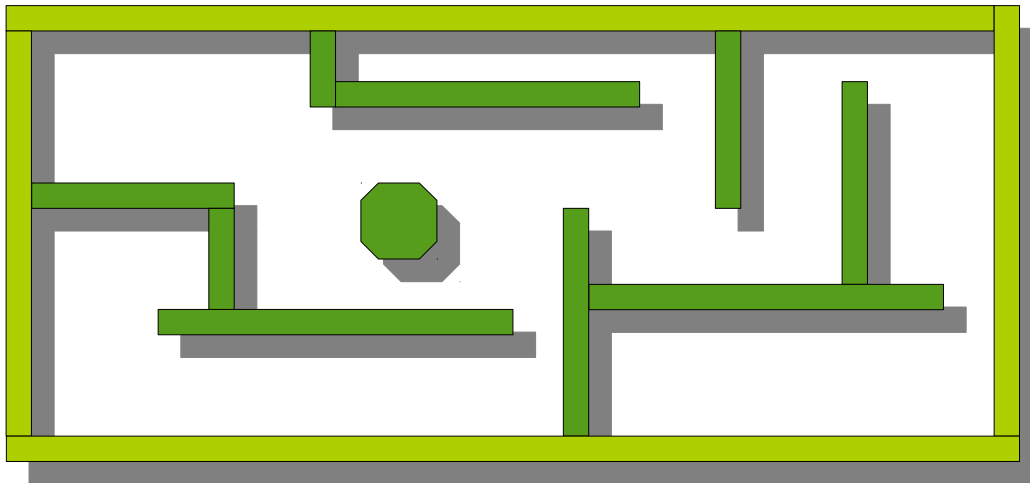


D-Plan: Efficient Collision-Free Path Computation For Part Removal and Disassembly
Liangjun Zhang, Xin Huang, Young J. Kim and Dinesh Manocha
University of North Carolina at Chapel Hill

Definicje

- Scena

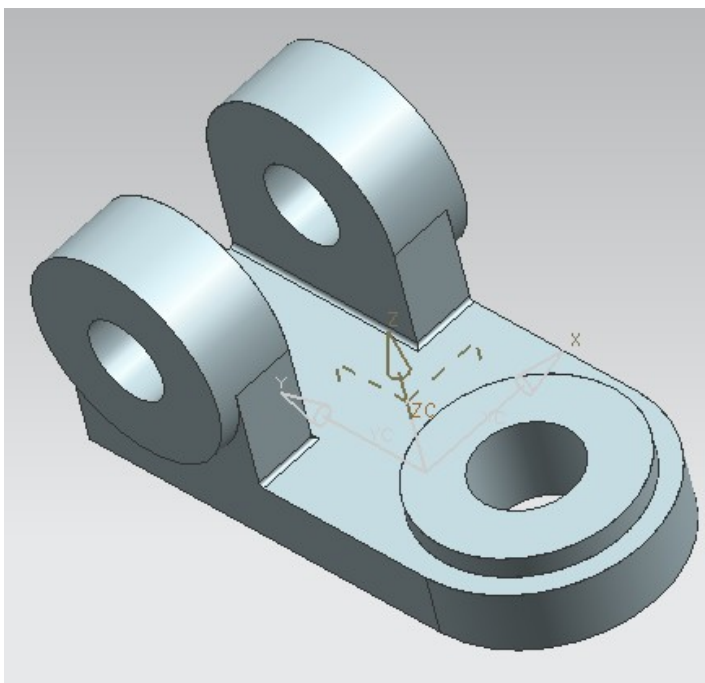
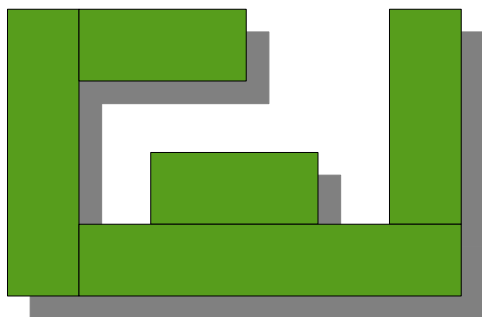
Dowolny podzbiór \mathbb{R}^2 lub \mathbb{R}^3 .



Definicje cd.

- Przeszkoda (obiekt sceny, element sceny)

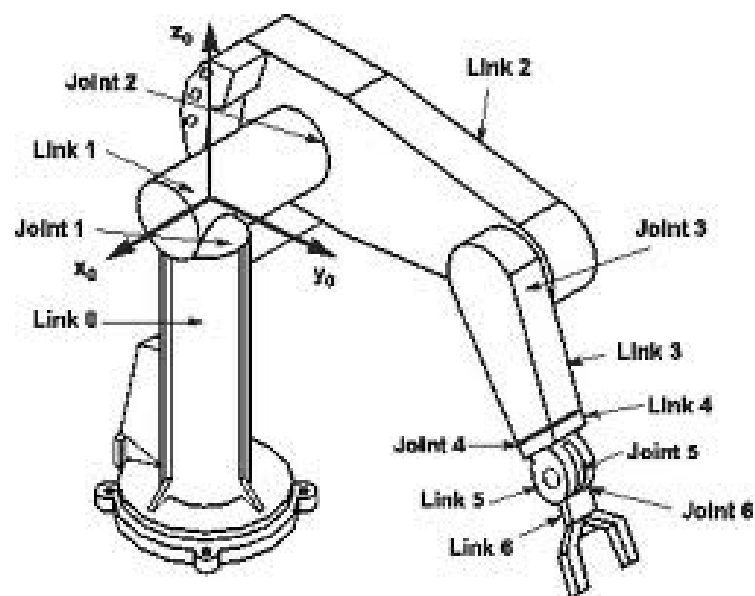
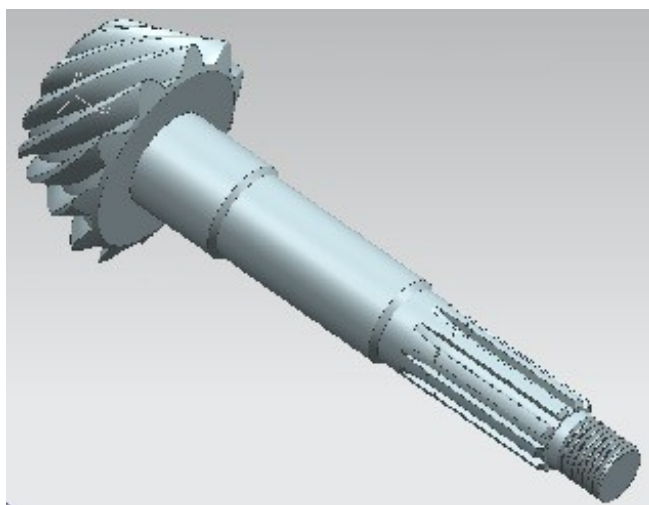
Ciało sztywne będące zwartą rozmaitością z brzegiem w \mathbb{R}^2 lub \mathbb{R}^3 .



Definicje cd.

- Robot

Wyszczególniony obiekt(y) sceny, który może się przemieszczać i/lub obracać w swoim ustalonym zakresie.



Definicje cd.

- Konfiguracja (ustawienie)

Dowolny matematyczny opis wskazujący położenie i obrót, względem ustalonego układu współrzędnych, wszystkich obiektów składających się na robota.

$$\begin{array}{cccc} & 1 & 0 & 0 & 0 \\ \text{yaw, pitch, roll} & 0 & 1 & 0 & 0 \\ & 0 & 0 & 1 & 0 \\ & 0 & 0 & 0 & 1 \end{array} \quad a+bi+cj+dk$$

Definicje cd.

- Przestrzeń konfiguracji

Zbiór wszystkich konfiguracji robota.

Przykłady:

- R^2 – translacje wielokąta na płaszczyźnie
- $R^3 \times SO(3)$ – translacje i rotacje bryły w przestrzeni

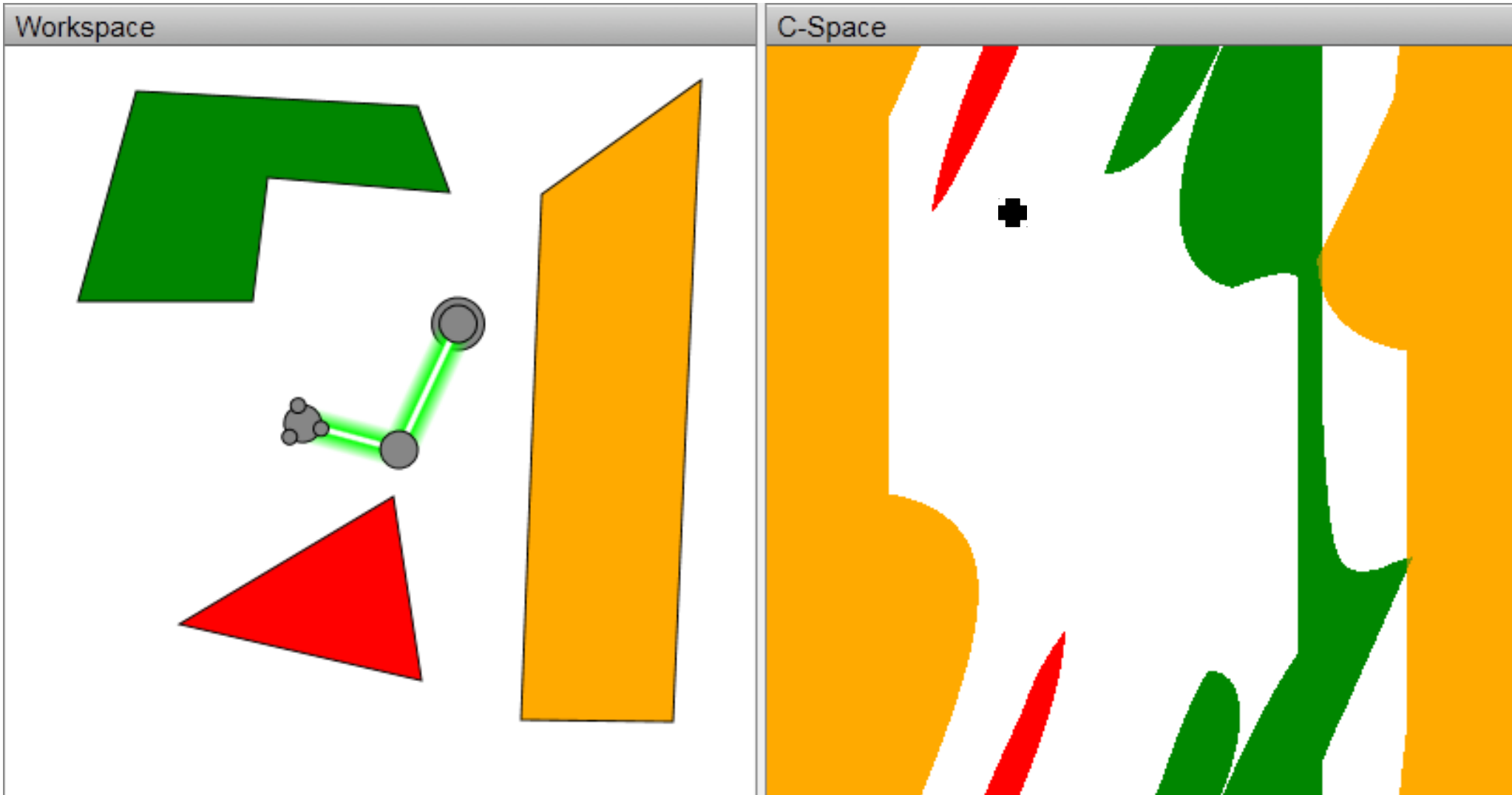
Oznaczenia:

W – scena (ang. *workspace*)

C – przestrzeń konfiguracji (ang. *configuration space*)

\mathbb{R}^2

$SO(2) \times SO(2)$



<http://www.cs.unc.edu/~jeffi/c-space/robot.shtml>

Definicje cd.

- Przestrzeń wolna C_{free}

Podzbiór przestrzeni konfiguracji dla których robot nie ma punktów wspólnych z żadnym obiektem sceny



- Przestrzeń zabroniona $C_{\text{forbidden}}$

Podzbiór przestrzeni konfiguracji dla których robot posiada co najmniej jeden punkt wspólny dowolnym obiektem sceny



Typowe zadanie

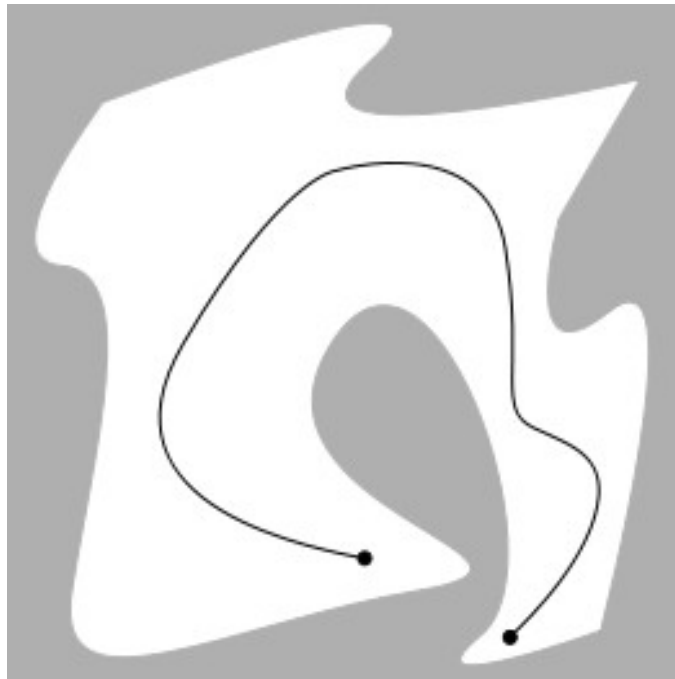
- Klasyczny problem „*The piano mover's problem*”

Dana jest konfiguracja początkowa A i konfiguracja końcowa B robota w scenie.

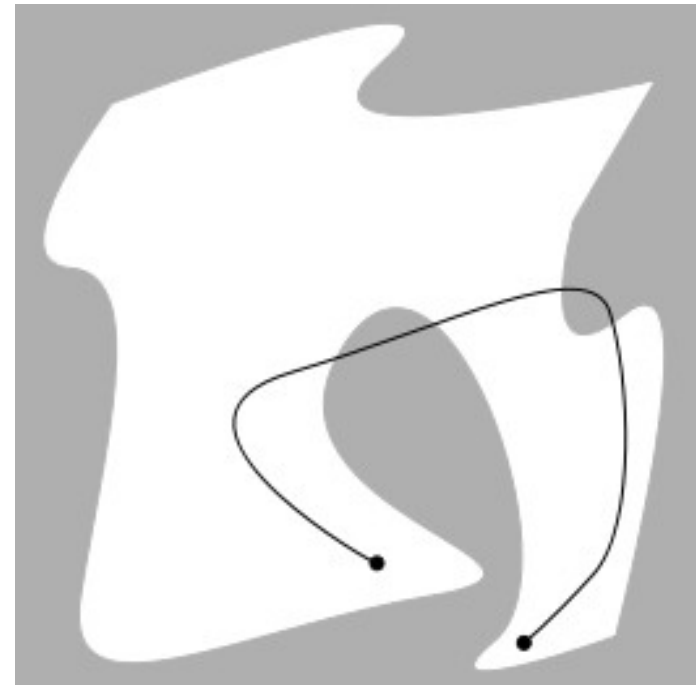
Obliczyć ścieżkę¹ po której robot może zostać bezkolizyjnie przemieszczony od konfiguracji A do konfiguracji B.

Wykryć fakt jeśli taka nie istnieje.

¹ ścieżka: *ciągła sekwencja wolnych konfiguracji*



Prawidłowa ścieżka



Błędna ścieżka

Podejścia do poszukiwania ścieżki:

- skonstruować całą przestrzeń konfiguracji (algorytm zupełny)
- skonstruować równoważnik przestrzeni konfiguracji
 - przybliżona dyskretyzacja
 - tylko skończona ilość punktów
 - uproszczona przestrzeń konfiguracji
 - ...

Zastosowania

- Związane z robotyką:
 - Produkcja elementów
 - Samodzielne roboty
- Poza robotyką:
 - Montaż elementów
 - Wirtualne prototypy
 - Wirtualni aktorzy
 - Tworzenie nowych leków

Znane algorytmy i złożoność

Ogólne: (oparte o przestrzeń konfiguracji, wielokrotne zapytania, wykładnicze)

- [Schwartz&Sharir,81] – $O(e^n)$
- [Canny,87] – $O(e^n)$

Grafowe: (oparte na budowaniu siatek, jednokrotne zapytanie, wielomianowe)

- Visibility graph [Nilsson,69]
- Voronoi diagram [Dunlaing&Yap,82]
- Silhouette [Canny,88]
- Generalized cylinders [Brooks,82]
- Exact/Approximate cellular decomposition
- Probabilistic maps [Kavraki,96]
- Rapidly-Exploring Random Trees [LaValle,Kuffner]

Inne:

- Potential Field [Khatib,86]

Podejście autorskie

- Metoda konstrukcji przestrzeni konfiguracji na podstawie **boolowskich formuł** opisujących zachodzące na scenie zdarzenia powodujące kolizje
- „Ograniczenia kątowe” pozwalają zamienić zależności pojawiające się na scenie na odpowiednie podzbiory przestrzeni obrotów **Spin(n)**.
- Cechy:
 - Ogólna
 - Zupełna
 - Nieskomplikowane obliczenia (niezależność od układu współrzędnych)
- Typy formuł:
 - Kolizje VP: *vertex-plane*
 - Kolizje TT: *triangle-triangle*

Dziękuję za uwagę