

Lossodromia ed ortodromia

a cura del c.l.c. Roberto Iori
www.nauticalalmanac.it

Cosa si intende per ortodromia e lossodromia

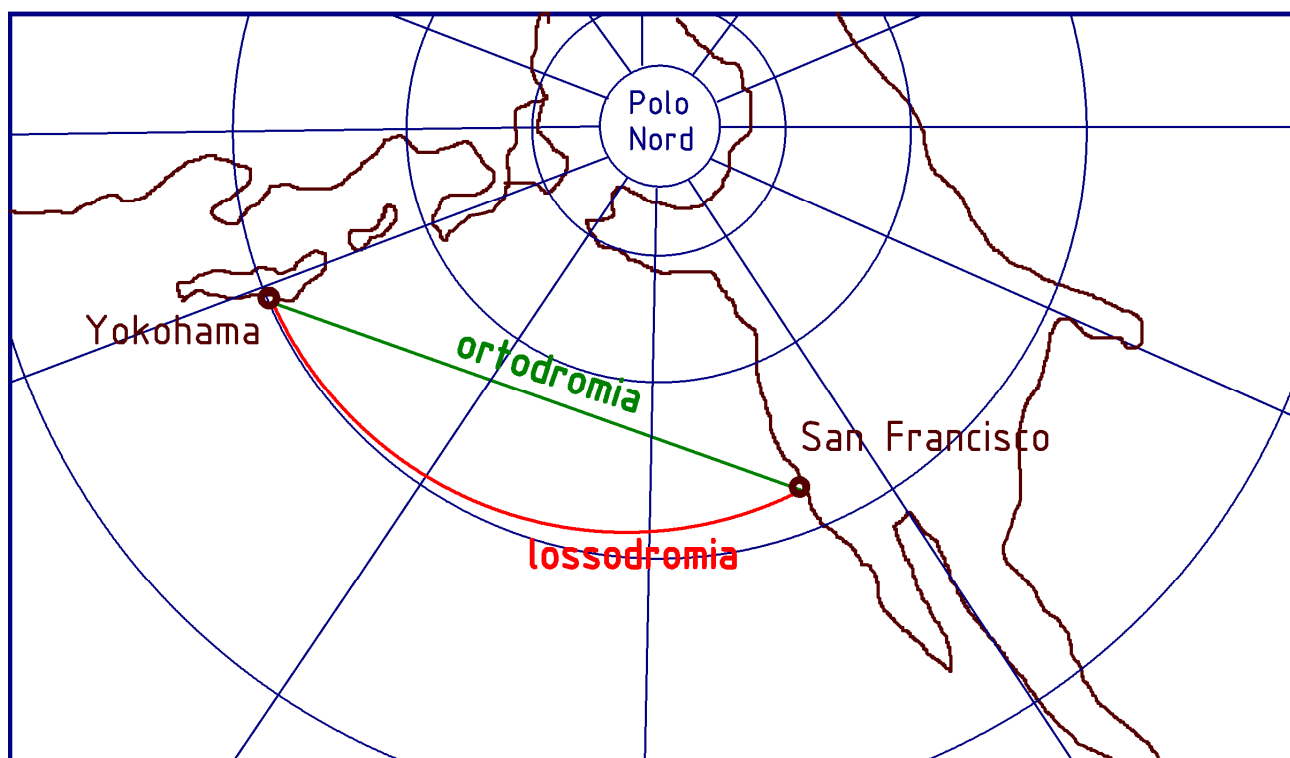
Due punti sulla sfera terrestre (geoide di rotazione) possono essere collegati in due modi diversi. Nel primo caso, quello con l'ortodromia, la linea che li congiunge non è altro che un arco di cerchio massimo quindi in assoluto rappresenta la minima distanza tra i due punti. Questa linea attraversa i meridiani con angoli diversi, questo comporta al navigante di dover cambiare continuamente la rotta. Abitualmente questa navigazione viene chiamata navigazione per cerchio massimo (great circle navigation).

Nel secondo caso, quello con la lossodromia, la linea che unisce punto di partenza e punto di arrivo attraversa i meridiani sempre con lo stesso angolo. Il navigante non deve modificare continuamente la rotta perché questa è costante; di contro il percorso è sempre superiore, seppur di poco il più delle volte, a quello ortodromico. Questa linea assomiglia ad una spirale e si dice che tende asintoticamente ai poli geografici (senza mai raggiungerli).

Rappresentazione di una traversata tra San Francisco e Yokohama su una carta nautica in proiezione gnomonica adatta alla navigazione ortodromica (in figura la carta di Gernez): i meridiani sono rappresentati da raggi che convergono verso un centro mentre i paralleli da cerchi concentrici posti a distanze variabili. Nelle tradizionali carte gnomoniche i paralleli sono archi di parabola, ellisse ed iperbole.

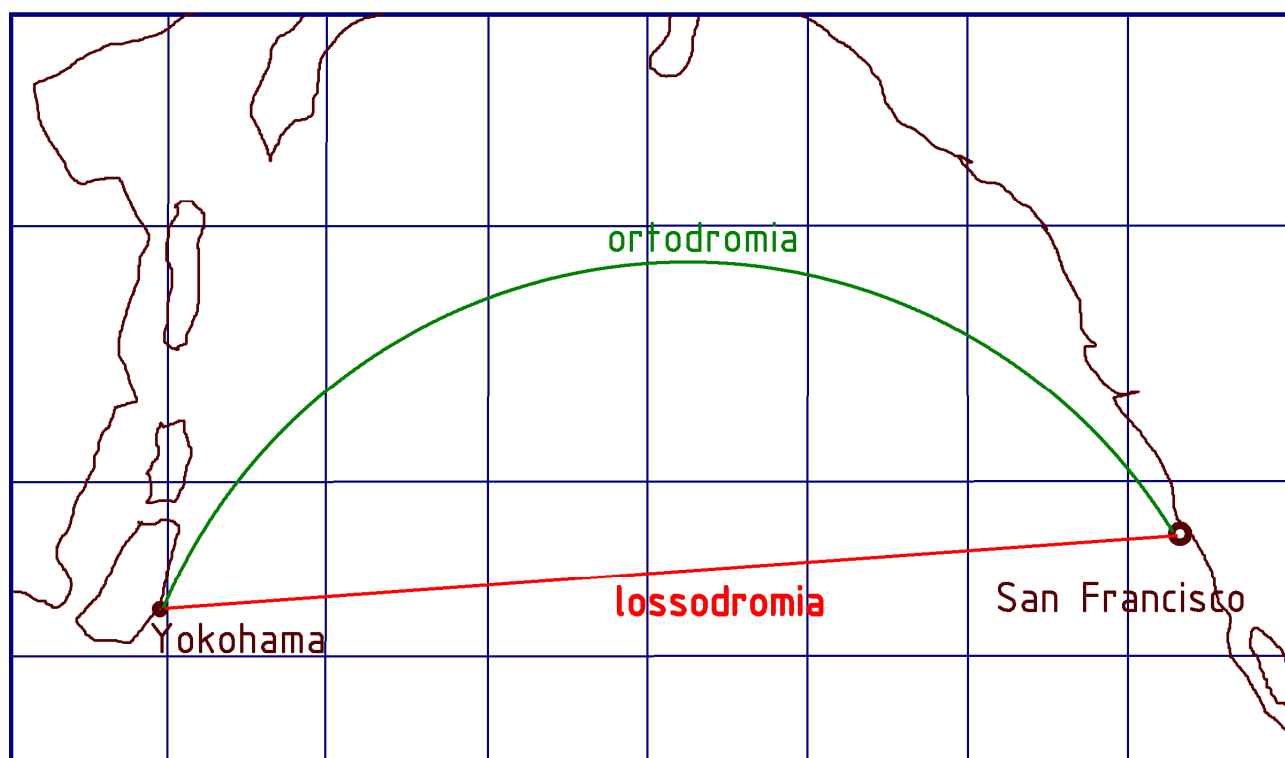
L'ortodromia è rappresentata con un segmento verde (è visibile anche il percorso lossodromico in rosso):

Lossodromia ed ortodromia su carta gnomonica



Rappresentazione della stessa traversata su una carta nautica in proiezione cilindrica centrale (e carta di Mercatore) idonea alla navigazione lossodromica: i meridiani sono linee verticali parallele ad uguale distanza a parità di differenza di longitudine, i paralleli invece linee orizzontali parallele a distanza crescente allontanandosi dall'equatore. La lossodromia è rettificata ed è rappresentata con un segmento rosso (è visibile anche il percorso ortodromico in verde):

Ortodromia e lossodromia su carta di Mercatore



Ortodromia e lossodromia coincidono in due casi: navigando per meridiano in direzione Nord con rotta = 0° ed in direzione Sud con rotta = 180° oppure navigando lungo l'Equatore in direzione Est (rotta = 90°) o Ovest (rotta 270°).

Esempio di navigazione tra Sendai (Giappone) e San Diego (California U.S.A.)

Le coordinate geografiche di Sendai sono:

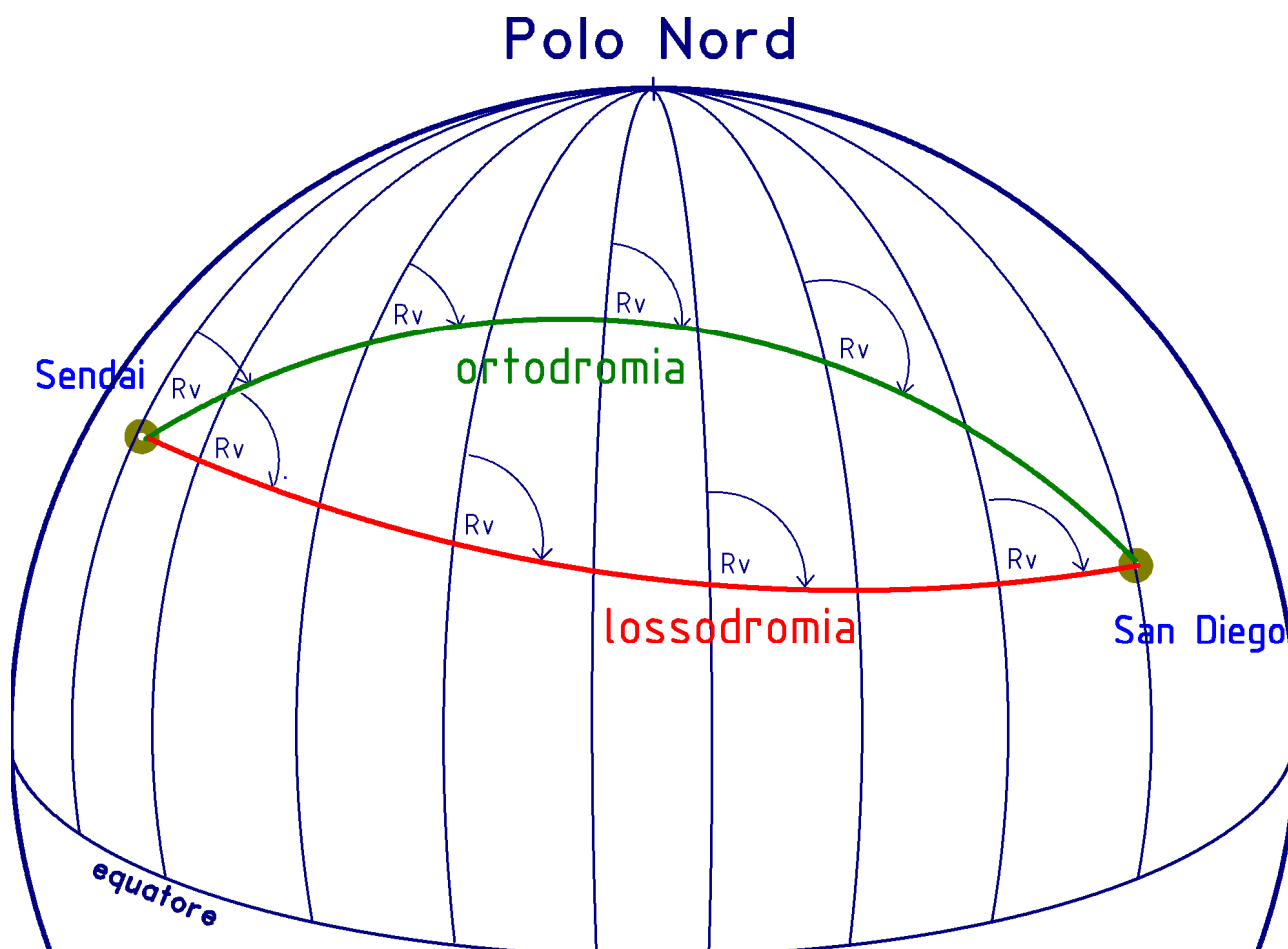
latitudine $38^\circ 12'$ Nord - longitudine $141^\circ 10'$ Est

mentre quelle di San Diego sono:

latitudine $32^\circ 36'$ Nord - longitudine $117^\circ 24'$ Ovest

Appare evidente che la rotta lossodromica è costante (rotta = $093,9^\circ$) mentre quella ortodromica è variabile: la prima rotta (rotta iniziale R_i) è di 58° mentre quella finale è di 128° .

I percorsi di lossodromia ed ortodromia tra Sendai e San Diego



Il percorso ortodromico è di 4.701 miglia mentre quello lossodromico è di 4.990 miglia

Considerazioni sulla scelta tra i due percorsi

Quasi tutte le carte nautiche sono in proiezione cilindrica centrale (carta di Mercatore) quindi idonee alla navigazione lossodromica ad eccezione dei piani nautici (carte a grande scala) e delle poche carte per traversate oceaniche (proiezione gnomonica a piccola scala) realizzate unicamente per la navigazione per circolo massimo (ortodromia)

In teoria verrebbe da dire che si dovrebbe navigare sempre per ortodromia perché più conveniente economicamente mentre invece ciò non avviene quasi mai.

L'ortodromia è conveniente solo se sono rispettate tutte queste condizioni:

1. alcuni tragitti oceanici quindi su distanze notevoli
2. navigazione tendenzialmente per est-ovest (poca differenza di latitudine tra il punto di partenza e quello di arrivo)
3. navigazione non in prossimità dell'Equatore (a latitudini elevate)

Un elemento sfavorevole con l'ortodromia è rappresentato dal fatto che quasi sempre si raggiungono latitudini ben più elevate di quelle di partenza/arrivo.

Tanto per fare un esempio nel Mar Mediterraneo nessun navigante si sognerebbe mai di utilizzare l'ortodromia neanche su tratte lunghe come Gibilterra-Port Said. Questo è il classico caso di distanza non poi così considerevole in aggiunta ai vari impedimenti dovuti alla conformazione delle coste e dei passaggi obbligati (a sud della costa iberica, della Sardegna, della Sicilia, di Creta ed a nord di Malta e della costa africana in genere).

In una traversata tra Cork (Irlanda) e Rio de Janeiro (Brasile) la differenza tra ortodromia (2.253 miglia) e lossodromia (2.368 miglia) è di sole 15 miglia. Questo è dovuto alla notevole differenza di latitudine tra i due porti. Anche in questo caso non viene utilizzato il percorso ortodromico.

Il navigante deve comunque sempre controllare sulla carta nautica generale il percorso, potrebbe addirittura scoprire che per le traversate nel Nord Atlantico tra le coste del Nord Europa e quelle canadesi o del Nord America il tragitto ortodromico si spinge ad elevate latitudini quindi potrebbe notare che si attraversano zone che in alcune stagioni sono particolarmente caratterizzate da fenomeni meteomarinari avversi oppure che sulla rotta tracciata ci sono zone di bassi fondali se non di terre o si attraversano zone con pericolo di iceberg.

Sono fondamentali l'analisi e lo studio dei percorsi mediante le Pilot Charts (Hydrographic Office 1400). Sono carte in proiezione di Mercatore a piccola scala dove le zone di mare sono suddivise in tanti quadranti con lati di 300 miglia. Al centro di ogni quadrante sono riportati direzione ed intensità dei venti riscontrati nel corso del mese. Sulla carta vengono riportati inoltre correnti (direzione ed intensità), dati meteo principali quali temperatura e pressione atmosferica, burrasche con relativo tragitto, declinazione magnetica, zone con nebbia, limite degli iceberg e dei ghiacci. Visto che i dati riportati sulla carta hanno come riferimento un mese ben preciso si dovrà consultare quella relativa al mese di vero utilizzo per la navigazione.

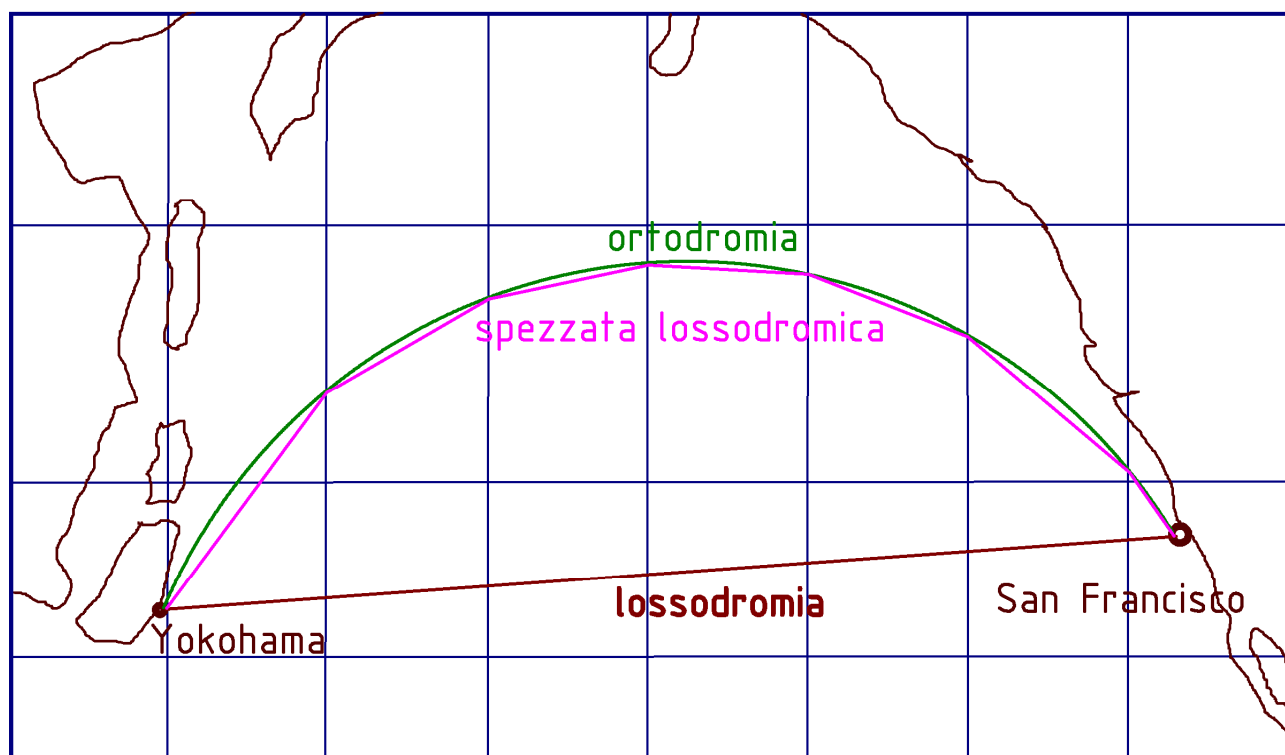
Visto che di fatto non è possibile seguire perfettamente una rotta ortodromica perché il navigante si troverebbe a modificare continuamente la rotta si può seguire una spezzata lossodromica andando ad individuare una serie di waypoints lungo il percorso ortodromico per poi congiungerli con percorsi lossodromici.

Nella pratica si individuano sulla carta gnomonica (ortodromia = linea retta) le coordinate (latitudini) dei vari waypoints ad intervalli uguali di differenza di longitudine (ad esempio 10° o 20°). Si riportano questi punti sulla carta di Mercatore (lossodromia = linea retta), si congiungono questi waypoints ricavandone le varie rotte da seguire.

Nell'esempio a seguire il tragitto è tra:

Yokohama	latit. 34° 58' N	long. 139° 38' E	
San Francisco	latit. 37° 47' N	long. 122° 35' W	
Lossodromia	4.747 miglia	Rv = 88°	
Ortodromia	4.483 miglia	Ri = 54,3°	Δ miglia = 264 miglia
Spezzata lossodromica con 6 waypoints come da disegno			
	4.502 miglia	Ri = 58°	Δ miglia = 19 miglia

Si evince che già con soli 6 waypoints intermedi la differenza tra "ortodromia pura" e "spezzata lossodromica" è di sole 19 miglia.



- Risoluzione dei problemi con software

Questi calcoli sono stati eseguiti con il software in excel di tipo “freeware” scaricabile dal sito:

<https://www.nauticalalmanac.it/it/navigazione-marittima/lossodromia-ortodromia-rotta>

nome del file “JSRI2007.xlsb “

Il file consente di inserire manualmente od automaticamente sino a 60 waypoints. Vengono inoltre visualizzate le coordinate del vertice ed è intuitivo verificare se il vertice è interno o esterno al tratto ortodromico.

- Risoluzione dei problemi con lo sviluppo delle formule

Simboli utilizzati:

φ	latitudine	λ	longitudine
Δ	differenza	log	logaritmo
sen	seno	tg	tangente
e	eccentricità	sec	secante
Rv	rotta vera	cosec	cosecante
m	cammino, distanza	cot	cotangente
Ri	rotta iniziale	vert.	vertice
φ_c	latitudine crescente		

Lossodromia

Eccentricità = 0,00672 elissoide di Hayford

Calcolo della latitudine crescente del punto A e del punto B

$$\varphi_c = (7915,7 * \log \tan(45^\circ + \text{lat}/2)) - (3437,7 * e * e * \sin \text{lat})$$

Calcolo della rotta (Rv)

$$R_v = \Delta \lambda / \Delta \varphi_c$$

$\Delta \lambda$ differenza di long. tra punto A e punto B

$\Delta \varphi_c$ differenza di latit. tra punto A e punto B

Distanza lossodromica

Si utilizzano tre diverse formule in funzione della Rv:

$$\text{se } R_v < 45^\circ \quad \text{distanza} = \Delta \varphi * \sec R_v$$

$$\text{se } R_v > 45^\circ \text{ e } < 87^\circ \quad \text{distanza} = \Delta \varphi * \tan R_v * \operatorname{cosec} R_v$$

$$\text{se } R_v > 87^\circ \quad \text{distanza} = \Delta \lambda * \cos \text{latit. media} * \operatorname{cosec} R_v$$

Ortodromia

Distanza ortodromica

$$\text{distanza} = (\sin \varphi_A * \sin \varphi_B) + (\cos \varphi_A * \cos \varphi_B * \cos \Delta \lambda)$$

Rotta iniziale (Ri)

$$\cot R_i * \sec \varphi_A = \operatorname{cosec} \Delta \lambda * \tan \varphi_B - \cot \Delta \lambda * \tan \varphi_A$$

Latitudine del vertice

$$\cos \text{lat. vert.} = \cos \text{lat. A} * \sin R_i$$